



Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu

Antti Tiainen

Rakentamisen aktiviteetin määrä ja maantieteellinen jakautuminen Suomessa 2000-luvulla

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 27.11.2017

Valvoja: Professori Seppo Junnila

Ohjaaja: TkT Jukka Heinonen

AALTO-YLIOPISTO TEKNIKAN KORKEAKOULUT PL 12100, 00076 Aalto http://www.aalto.fi		DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ	
Tekijä: Antti Tiainen			
Työn nimi: Rakentamisen aktiviteetin määrä ja maantieteellinen jakautuminen Suomessa 2000-luvulla			
Korkeakoulu: Insinööritieteiden korkeakoulu			
Koulutusohjelma: Kiinteistötalous			
Professori: Kiinteistöjohtaminen		Koodi: M3003	
Työn valvoja: Professori Seppo Junnila Työn ohjaaja: TkT Jukka Heinonen			
<p>Rakennetusta ympäristöstä aiheutuu valtavat kasvihuonekaasupäästöt. Rakennussektori vastaa suuremmasta osasta yhteiskunnan energiankulutuksesta ja päästöistä kuin mikään muu sektori. Alalla onkin valtava päästöjen vähentämispotentiaali. Tähän on lainsäädännöllisesti tartuttu tiukentamalla vaatimuksia rakennusten käytönaikaiselle kulutukselle, mikä on parantanut niiden energiatehokkuutta huomattavasti. Uudet tekniset rakennusmateriaalit synnyttävät valmistusprosesseissaan kuitenkin aiempaa enemmän päästöjä, ne voivat vastata suuruudeltaan rakennuksen 50 vuoden käyttövaiheen aikaisia päästöjä. Rakennusmateriaalien sekä -metodien suhteellinen merkitys on siis kasvanut huomattavasti. Energiantuotannon ympäristövaikutusten pienentyessä tulevaisuudessa tämä vielä korostuu.</p> <p>Tässä työssä selvitetään uudisrakentamisen määrää, laatua ja maantieteellistä jakautumista Suomessa 2000-luvulla, viitekehyksenä rakentamisen aiheuttamat ympäristövaikutukset. Työssä kartoitetaan Suomen rakennuskannan tilaa vuosituhaten vaihteessa, ja pohditaan uudisrakentamisesta löytyvien tilastojen avulla syitä maantieteelliselle jakautumiselle. Mielenkiintoisia työn tuloksia ovat muun muassa asuntokuntien määrän kasvu myös maaseudulla sekä pientalorakentamisen määrän romahtaminen suhteessa kerrostalorakentamiseen.</p> <p>Suomen kansallinen ilmastostrategia keskittyy sekä uuden että vanhan rakennuskannan osalta energiatehokkuuden parantamiseen. Tällä linjalla ei kuitenkaan päästä pitkän aikavälin tavoitteisiin hiilidioksidipäästöjen alentamiseksi, sillä nykyaikaisten rakennusmateriaalien valmistuksesta sekä kuljetuksesta työmaille aiheutuu suuria päästöjä. Vuoden 2020 tavoitteena oleva 20 prosentin vähennys kasvihuonekaasupäästöistä on mahdollinen nykyiselläkin linjalla. EU:n pitkän aikavälin tavoite eli 80 - 95 prosentin vähennys sen sijaan on mahdollinen vain siirtämällä huomio rakennusten käytön aikaisista päästöistä rakennusvaiheen päästöihin.</p>			
Päivämäärä: 27.11.2017		Kieli: Suomi	
		Sivumäärä: IV + 30	
Avainsanat: rakennettu ympäristö, kasvihuonekaasupäästöt, elinkaari, rakennukset			

AALTO UNIVERSITY SCHOOLS OF TECHNOLOGY PO Box 12100, FI-00076 AALTO http://www.aalto.fi		ABSTRACT OF THE MASTER'S THESIS	
Author: Antti Tiainen			
Title: The quantity and the geographical location of building activity in Finland in the 21 st century			
School: School of Engineering			
Degree programme: Real Estate Economics			
Professorship: Real Estate Management		Code: M3003	
Supervisor: Professor Seppo Junnila			
Instructor: D.Sc. (Tech.) Jukka Heinonen			
<p>The built environment is responsible for huge greenhouse gas emissions. Construction sector uses more energy and emits more greenhouse gases than any other sector of the society. The potential for reducing those emissions is massive. Legislation changes in Finland have been focused on use-phase energy consumption of the buildings, which has had a great impact on the energy efficiency. New technically improved building materials have more embodied emissions due to the increased energy used producing them. Embodied emissions can be equal to the emissions caused by the use-phase of the building, therefore the significance of used materials and methods has increased. This effect will be even more clear in the future as the production of energy becomes less polluting.</p> <p>This thesis finds out the quantity and quality of new construction projects in Finland in the 21st century. The main goal is to collect statistical data about the amount of new construction projects and their geographical locations. The findings of the thesis include the increased number of households even in the least densely populated areas of Finland and the fast decrease of small residential house development during the 21st century.</p> <p>The national climate strategy of Finland is focused on improving the energy efficiency of both old and new buildings. This method of decreasing emissions is not sufficient regarding the long-term emission goals. Life cycle emissions of the building materials are too remarkable. The 20 percent goal of year 2020 is achievable even with this current path. The goal of year 2050, decreasing emissions by 80 - 95 percent, is only possible if more attention is paid to the life cycle emissions of the materials and the construction phase.</p>			
Date: 27.11.2017		Language: Finnish	
		Number of pages: IV + 30	
Keywords: built environment, greenhouse gas emissions, life cycle, buildings			

Alkusanat

Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön laitoksella on jo vuosien ajan tutkittu rakentamista sen ympäristövaikutusten kautta. Työn ohjaajalla Jukka Heinosella oli tätä työtä käynnistettäessä ajatus teettää minulla diplomityönä laitoksen muuta tutkimusta tukeva ja taustatietoa tarjoava selvitys rakentamisen aktiviteetista. Lähteiden kerääminen ja tutkimusaineiston kasaaminen alkoivat keväällä 2014. Työ ei kuitenkaan valmistunut ensimmäisellä yrittämällä erinäisistä haasteista johtuen. Tartuin työhön uudestaan parin vuoden luovan tauon jälkeen, jolloin Jukka oli jo siirtynyt muihin tehtäviin laitokselta. Työtä valvoneelle professorille, Seppo Junnilalle, kuitenkin sopi, että viimeistelen työn ilman ohjaajaa. Työ valmistui viimein syksyllä 2017.

Haluaisin kiittää perhettäni ja ystäviäni kannustavasta asenteesta, vaikka työn valmistuminen hetkittäin vaikuttikin epätodennäköiseltä. Erityiskiitos vaimolleni Mintulle luovan taukon mahdollistamisesta ja motivoinnista, sekä pojallamme Akselille, jota ilman työ ei olisi ehkä koskaan valmistunut.

Helsinki 27.11.2017

Antti Tiainen

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

Sisällysluettelo	1
Määritelmät ja lyhenteet.....	2
1 Johdanto	3
1.1 Taustatietoa	3
1.2 Tutkimuksen tavoitteet, toteutus sekä rakenne.....	3
2 Teoria ja aikaisemman tiedon kuvaus	5
2.1 Rakennusten ympäristövaikutukset	5
2.2 Rakennuksen elinkaari	6
2.2.1 Elinkaariarviointi.....	7
2.2.2 Elinkaariarvioinnin työkalut ja laskentamenetelmät.....	9
2.3 Ohjaus ja sääntely.....	10
2.3.1 Globaali taso.....	10
2.3.2 Yhteiseurooppalainen ohjaus	11
2.3.3 Ohjauksen kehitys Suomessa ja kansalliset tavoitteet	12
2.4 Aiempi tutkimus	13
2.4.1 Rakentamisesta aiheutuvat päästöt.....	13
2.4.2 Yhdyskuntarakenteen merkitys.....	15
2.4.3 Energiatehokkuus ja kiinteistöliiketoiminta.....	16
3 Lähtötiedot ja metodiikka	17
3.1 Rakennuskanta Suomessa ja rakennusmateriaalit	17
3.2 Väestö	17
3.3 Käytetyt menetelmät.....	18
4 Tulokset.....	19
4.1 Rakentamisen aktiviteetti	19
4.2 Muutokset väestörakenteessa	23
4.3 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys	24
5 Analyysi ja johtopäätökset	26
5.1 Esitettyjen tulosten tulkinta	26
5.2 Tulosten vertailun ongelmat.....	27
5.3 Jatkotutkimuksen tarve.....	28
Lähdeluettelo	29

Määritelmät ja lyhenteet

CO ₂ -ekv.	Hiilidioksidiekvivalentti. Kaikkien ilmakehään vapautuneiden kasvihuonekaasujen summa. Muut kaasut suhteutetaan hiilidioksidin ilmasto- lämmittävään vaikutukseen sopivilla kertoimilla.
E-luku	Energiamuotojen kertoimilla painotettu tunnusluku rakennuksen ostoenergian tarpeelle. Sähkön kerroin on 1,7, kaukolämmön 0,7, kaukojäähdytyksen 0,4, fossiilisten polttoaineiden 1,0 ja uusiutuvien polttoaineiden 0,5.
Lähes nollaenerginen	Rakennus, joka on energiankulutukseltaan vähintään passiivitasoinen, ja jossa tuotetaan lisäksi mahdollisimman paljon uusiutuvaa energiaa.
Passiivitasoinen	Rakennus, jonka tilojen lämmitykseen kuluu vuosittain energiaa Etelä-Suomessa korkeintaan 20 kWh / m ² ja Pohjois-Suomessa 30 kWh / m ²
CEN	European Committee for Standardization
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
ISO	Organization for Standardization
LCA	Life Cycle Assessment
TC	Technical Committee

1 Johdanto

1.1 Taustatietoa

Hiilidioksidin, metaanin ja typpioksiduulin määrä ilmakehässä on korkeammalla tasolla kuin kertaakaan yli 800 000 vuoteen. Hiilidioksidi on näistä ilmaston lämpenemisen kannalta oleellisin, sen pitoisuus ilmakehässä on lisääntynyt 40 prosentilla viimeisten 250 vuoden aikana. Suurin osa päästöistä on aiheutunut fossiilisten polttoaineiden käytöstä sekä maankäytön muutoksista. (IPCC, 2013)

Kansainvälisillä ilmastoneuvotteluilla pyritään vakiinnuttamaan kasvihuonekaasujen määrä tasolle, jolla ihmisen toiminnasta aiheutuvat muutokset ilmastojärjestelmässä esitetään. Nykyinen malli pitää hyväksyttävänä kahden asteen nousua maapallon keskilämpötilassa esiteolliseen aikaan verrattuna. Tälle tielle päästökseen on Euroopan unionin vähennettävä päästöjään 80 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2017)

Rakennussektorilla on suuri rooli tässä muutoksessa, noin 40 prosenttia Euroopan energiankulutuksesta sekä päästöistä aiheutuu välillisesti tai välittömästi rakennuksista (ERA 17, 2010). Rakennuksen elinkaari voidaan jakaa päästöjen yksilöimiseksi seuraaviin vaiheisiin: materiaalien valmistus, rakentaminen, käyttövaihe sekä purkaminen ja kierrätys. Nykyisellä rakennuskannalla ylivoimaisesti suurin osa päästöistä syntyy käyttövaiheen aikana, mutta uusia energiatehokkaita taloja rakennettaessa materiaaleihin sitoutuneiden päästöjen merkitys kasvaa (Säynäjoki et al., 2012).

Uudistuotannon merkitystä päästöjen kontrolloimisessa korostaa myös arvio rakennuskannan vuosittaisen poistuman kasvusta; vuoden 2010 rakennuskannasta purettaneen vuoteen 2050 mennessä noin neljännes. Väestönkasvu, muuttoliike sekä kasvava palveluiden tarve lisäävät rakennusten kokonaismäärää arviolta 30 prosentilla tänä aikana. Vuoden 2010 jälkeen rakennettua uudistuotantoa olisi edellä mainituilla luvuilla yli 40 prosenttia rakennuskannasta vuonna 2050. (Vehviläinen et al., 2010)

Voidaan olettaa, että Suomessa rakennusten laatu vastaa pitkälti rakentamismääräysten minimitasoa. Tällä hetkellä uudisrakennusten päästöjä rajoitetaan vain energiatehokkuuden kautta, joten kolme rakennuksen neljästä elinkaaren vaiheesta jää käytännössä valvonnan ulkopuolelle. Erityisesti ennen käyttöönottoa syntyvän rakentamisen hiilipiikin merkitys rakennuksen elinkaaren päästöjen kannalta olisi huomioitava. Tarve aiheen tutkimiselle on suuri, sillä vasta viime vuosina rakennussektori on alkanut järjestelmällisesti raportoida ympäristövaikutuksiaan.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet, toteutus sekä rakenne

Tässä työssä pyritään selvittämään, millaista rakennuskantaa Suomeen on rakennettu 2000-luvulla, ja miten rakennukset ovat jakautuneet maantieteellisesti. Tutkimus on rajattu käsittelemään uudisrakentamista, sillä 2000-luvulla valmistuneiden rakennusten osuus koko rakennuskannasta on jo muutaman vuosikymmenen kuluttua yli 50 prosenttia. Työn teoriaosuus keskittyy rakennetusta ympäristöstä aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin. Erityishuomio on rakennusten elinkaaren aikaisilla päästöillä. Teoriaosuus toimii vain perusteluna varsinaisen tutkimuksen tarpeellisuudelle, sillä tässä työssä ei arvioida uudisrakentamisen aiheuttamia päästöjä.

Työssä lähestytään tutkimuskysymyksiä numeerisen datan pohjalta. Suurin osa tuloksista on saatu jalostamalla Tilastokeskuksen ja Eurostatin julkisia taulukoita vastaamaan tutkimuksen tarpeita. Taulukkoaineisto on kerätty pääosin vuosilta 2000 – 2016 mikäli mahdollista. Joistakin tilastoista ei ollut saatavilla kaikkien vuosien tietoja, joten tutkittu aikaväli on niiden osalta hieman lyhempi. Rakentamisen määrän suhdanneherkkyys huomioiden, muutosten tarkasteluvälin laajuus tutkimuksessa on varmasti riittävä. Havainnot pyritään selittämään sekä Suomen sisäisten, että kansainvälisten ilmiöiden avulla.

Tärkeimpiä tutkimuskysymyksiä ovat siis:

- Mitä Suomeen on rakennettu 2000-luvulla?
 - Miten uudisrakentaminen on jakautunut maantieteellisesti rakennustyypeittäin?
 - Mitkä tekijät selittävät jakaumaa?

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen pyritään saamaan vastaus Tilastokeskuksen julkaisemien taulukoiden perusteella. Kiinnostavia jaotteluja ovat esimerkiksi asuinrakennusten osuus kaikesta rakentamisesta tai asuinkerrostalojen osuus kaikista asuinrakennuksista. Alakysymyksissä mielenkiinto kohdistuu vertailuun maaseudun ja kaupunkien välillä, eli miten esimerkiksi väestön jakautuminen ja muuttoliike vaikuttavat rakentamisen aktiviteettiin. Tavoitteena on pohtia niin kansainvälisten kuin kansallistenkin ilmastotavoitteiden suhdetta toteutuneeseen rakentamiseen.

Johdantoa seuraavassa luvussa käsitellään tarkemmin aiheesta löytyvää tutkimusta ja syvennyttään työn tarpeellisuuden ymmärtämiseksi välttämättömiin teorioihin ja malleihin. Kolmannessa luvussa selostetaan tutkimuksen toteutustapa sekä siinä käytettyjä lähtötietoja. Tulokset löytyvät järjestettyinä neljännessä luvusta. Työn lopussa tulkitaan tuloksia ja pohditaan mahdollista tarvetta jatkotutkimukselle.

2 Teoria ja aikaisemman tiedon kuvaus

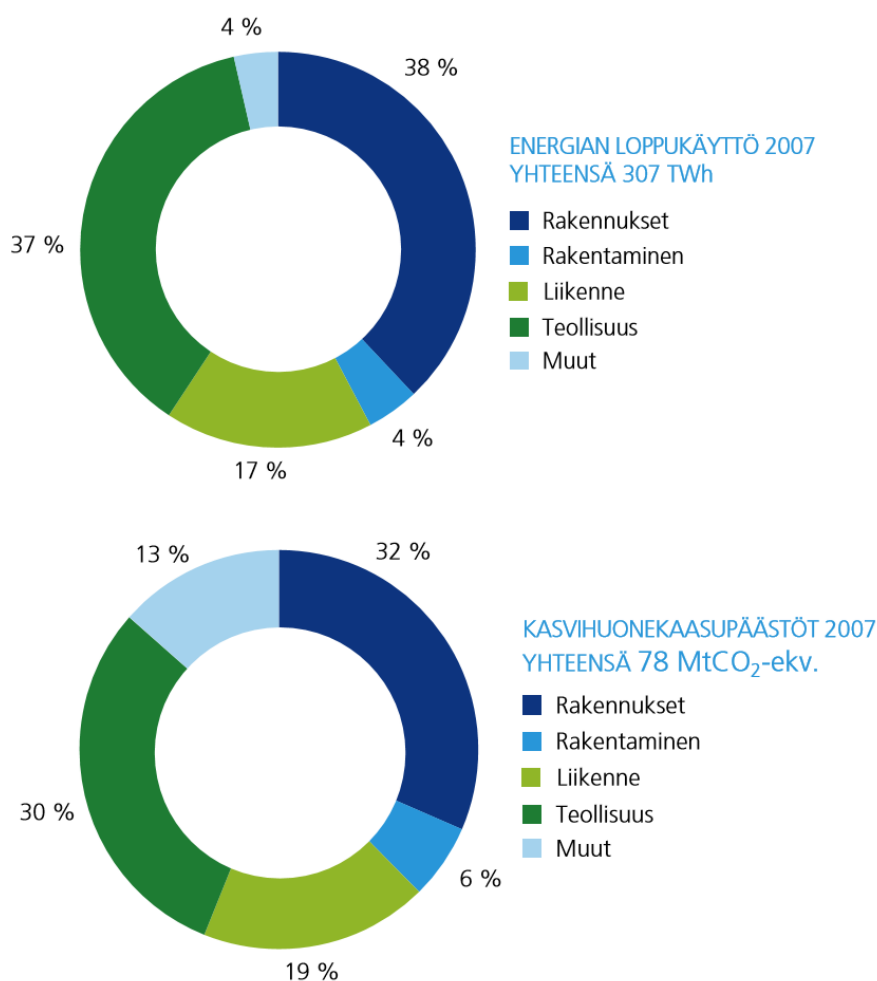
Tässä luvussa selvitetään viitekehys rakennuksen elinkaaren ympäristövaikutusten arvioimiseksi, käydään läpi aihetta koskettavaa lainsäädäntöä ja standardeja, sekä perehdytään aiheesta aiemmin tehtyyn tutkimukseen.

2.1 Rakennusten ympäristövaikutukset

Rakennusala vastaa noin 40 prosentista Euroopan energiankulutuksesta sekä päästöistä. Päästövähennyksillä saavutettava hyöty onkin alalla merkittävä. Tähän on lainsäädännöllisesti puututtu tiukentamalla vaatimuksia rakennusten käytönaikaiselle kulutukselle, mikä on parantanut niiden energiatehokkuutta huomattavasti. Uudet tekniset rakennusmateriaalit synnyttävät valmistusprosesseissaan kuitenkin huomattavasti aiempaa enemmän päästöjä, ja ne voivat Säynäjoen et al. (2012) mukaan jo vastata rakennuksen normaalikäyttönsä käyttövaiheen päästöjä. Rakennusmateriaalien sekä -metodien suhteellinen merkitys on siis kasvanut huomattavasti. Energiantuotannon ympäristövaikutusten pienentyessä tulevaisuudessa tämä vielä korostuu.

Yhteiskunnallisella tasolla rakennussektorin suorat ja epäsuorat ympäristövaikutukset ovat valtavat. Epäsuorista vaikutuksista rakennusten käytönaikainen energiankulutus on ilmeisin päästölähde. Suomessa energian loppukäyttö vuonna 2007 oli 307 TWh, josta rakennusten lämmityksen ja kiinteistösähkön osuus oli 38 prosenttia (ERA 17, 2010).

Energiaa kuluu myös rakennusten käyttövaiheen ulkopuolella. ERA 17 -toimintaohjelman (2010) mukaan rakennusmateriaalien valmistukseen kului Suomessa vuonna 2007 9 TWh ja rakentamiseen noin 4 TWh energiaa. Rakennussektorin yhteiskulutus oli siis 42 prosenttia kokonaiskulutuksesta. Kun huomioidaan vielä, että suuri osa henkilöliikenteestä aiheutuu yhdyskuntarakenteesta, voidaan jopa puolet vuosittaisesta energiankulutuksesta laskea rakennetusta ympäristöstä aiheutuneiksi.



Kuva 1 Energian loppukäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt Suomessa vuonna 2007 (ERA 17, 2010)

Päästöjen kokonaismäärä on vaihdellut 2000-luvulla 70 CO₂-ekv. megatonnin ympärillä, vuonna 2007 ne olivat 78 megatonnia. Nykyinen trendi on ollut laskeva ja nykyään Suomen kokonaispäästö määrä ennen hiilinieluja on alle 60 megatonnia. Rakennussektorin osuus tälläkin saralla on merkittävä, noin 38 prosenttia. Rakennusten käytöstä aiheutuneet päästöt olivat 25 CO₂-ekv. megatonnia ja rakennusmateriaalien valmistuksen sekä rakentamisen noin 5 megatonnia. Rakennettuun ympäristöön kuuluviksi voidaan laskea myös henkilöliikenteen päästöt, jotka Suomessa ovat 7 – 8 megatonnia vuodessa (VTT, 2017). Kuvasta 1 nähdään hyvin, kuinka suuri vaikutus kokonaispäästöihin olisi jo pienellä parannuksella hiilitehokkuuteen rakennusalaalla.

2.2 Rakennuksen elinkaari

Ilmastonmuutos on tunnistettu laajalti ihmisen aiheuttamaksi ongelmaksi, jolla on vaikutuksia niin biologisiin kuin sosiaalisiin ja taloudellisiin systeemeihin. Keskustelua muutoksen pysäyttämiseksi käydään hyvin monilla eri tasoilla paikallisista ryhmistä kansainvälisiin paneelisiin. Ilmakehästä mitattu data kasvihuonekaasuista ja niiden muutoksista mahdollistaa tilanteen seurannan, mutta päästöjen vähentämiseksi on kyettävä selvittämään niiden syntyperä. Yksi ratkaisumalli tähän ongelmaan saadaan määrittämällä tuotteille koko niiden elinkaaren aiheuttamat päästöt. Näin varmistutaan siitä, ettei esimerkiksi käyttövaiheen osalta hiilitehokkaampi tuote aiheuta valmistuksensa aikana hyödyn kumoavia päästöjä.

2.2.1 Elinkaariarviointi

Elinkaariarvioinnissa selvitetään tuotteiden tai tuotejärjestelmien ympäristönäkökulmia ja -vaikutuksia. Siinä huomioidaan tuotteen koko elinkaari materiaalien valmistuksesta käytön kautta jätteeksi, sisältäen kaikkiin vaiheisiin liittyvät kuljetukset sekä välivarastoinnit. Arvioinnissa ei huomioida taloudellisia tai yhteiskunnallisia vaikutuksia. Elinkaariarviointiselvityksen tekemisestä ja sen vaiheista kerrotaan tarkemmin International Organization for Standardizationin (ISO) standardeissa ISO 14040 ja ISO 14044.

European Committee for Standardizationin (CEN) standardissa EN 15978 määritetään elinkaarimallinnettavan rakennushankkeen vaiheiden rajat. Elinkaarimalli huomioi hankkeen ympäristövaikutukset raakamateriaalien hankinnasta jätteenkäsittelyyn. Päästöt jaetaan elinkaaren eri vaiheille kokonaisuuksina, esimerkiksi käyttövaiheessa tapahtuvan korjaustyön ympäristövaikutukset sisältävät käytettyjen materiaalien valmistuksen, kiertäytymisen ja kaiken siltä väliltä. Alla hieman tarkempi rajausta jokaiselle elinkaaren vaiheelle SFS-EN 15978 (2011) mukaan:

Tuotevaihe

- raakamateriaalien tuottaminen
- raakamateriaalin kuljettaminen tehtaalle
- tuotteen valmistus

Tämä vaihe sisältää materiaalien vaikutusten lisäksi niiden valmistukseen liittyvien palveluiden ja varastoinnin päästöt.

Rakentaminen

- materiaalien kuljetus tehtaalta työmaalle
- rakentaminen ja asennukset

Rakennusvaiheen päästöiksi lasketaan työmaalla käytettyjen laitteiden (nostokurjet tms.) kuljetukset ja varastointi, mutta ei henkilöstön. Mahdolliset maanmuokkaus- ja perustustyöt jätteenä sekä lämmitykseen ja muuhun mukavuuteen liittyvät vaikutukset huomioidaan tässä.

Käyttövaihe

- suunnitellun käytön vaikutukset rakennusosiin
- kunnossapito
- korjaukset
- osien vaihto
- laajamittaiset korjaukset
- käytetty energia
- käytetty vesi

Näihin moduuleihin sisältyy mm. kaikista materiaaleista vapautuvat aineet, käytettyjen siivous- ja korjaustuotteiden koko elinkaaren vaikutukset ja vaihdettujen rakennusosien käsittely jätteenä. Käytetyn veden ja energian kulutukseen lasketaan mukaan kaikki rakennuksen toimintaan liittyvät integroidut laitteet, ei kodinkoneita.

Purkuvaihe

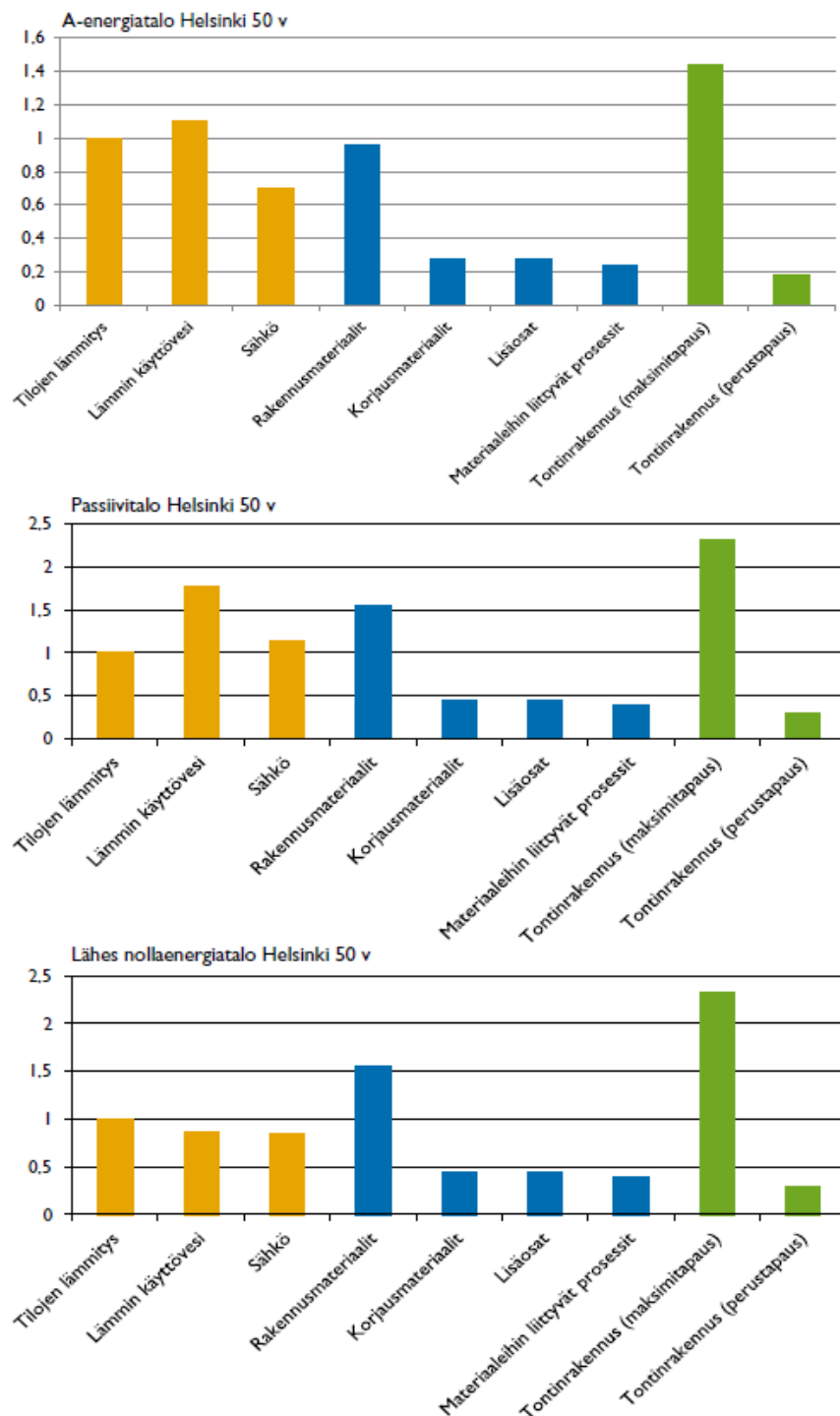
- rakennuksen purkaminen
- tontin tyhjennyskuljetukset
- puretun materiaalin käsittely
- jätteen loppusijoitus

Vaihe alkaa, kun rakennus poistetaan käytöstä ja päättyy vasta tontin ollessa vapaa muulle käytölle ja kaikkien materiaalien ollessa allokoituna jätteeksi tai valmiina uusiokäyttöön. Vaiheen päästöiksi lasketaan myös materiaalien varastointi työmaan ulkopuolella. Kierätykseen menevillä tuotteilla on oltava kysyntää ja niiden täytyy täyttää kyseisille tuotteille asetetut tekniset vaatimukset.

Elinkaaren ulkopuoliset hyödyt ja haitat

- kierrätyspotentiaali

Myös kiinteistöllä tuotettu ventisähkö lasketaan tähän vaiheeseen.



Kuva 2 Esimerkki asuinkerrostalon elinkaariarvioinnista (Ruuska et al., 2013)

Elinkaariarviointi on yksinkertaisissa teollisuuden prosesseissa tarkka ja luotettava menetelmä päästöjen selvittämiseksi. Rakennusprojektit ovat kuitenkin lähes aina uniikkeja esimerkiksi ilmaston tai rakennuspaikan muiden ominaisuuksien vuoksi. Elinkaariarvioinnin haasteita rakennusten päästöjen selvittämisessä on listannut esimerkiksi Cabeza et al. (2014) tutkimuksessaan. Yksi suuri haaste liittyy rakennusosien suureen määrään, sekä niiden välisiin suhteisiin. Jokaisella materiaalilla on oma elinkaarensa ja niiden käyttötarkoitus erilaisten systeemien osina monimutkaistaa elinkaarimallia. Pitkä käyttöikä tuo myös ongelmia päästöjen laskemiseen. Käyttöenergian osalta esimerkiksi täytyy arvioida energiantuotannon ominaispäästöjä 50 tai 100 vuoden päähän. Muita mainittuja haasteita olivat sisätilojen suunnittelun vaikutus rakennuksen käyttöön sekä puretun rakennuksen uusiokäytön sisällyttäminen elinkaarimalleihin.

2.2.2 Elinkaariarvioinnin työkalut ja laskentamenetelmät

Rakennusten ympäristövaikutusten arviointiin on kehitetty lukuisia työkaluja. Haapio ja Viitaniemi (2008) vertaili näistä 16 erilaista, joista osa oli kehittäjämäan kansalliseen käyttöön suunnattuja ja osa kansainvälisiä. Kokonaisvaltaisimmasta päästä selvityksessä olivat Suomessakin ympäristöluokituksesta tutut Building Research Establishmentin kehittämä BREEAM sekä U.S. Green Building Councilin LEED.

Suomessa on käytössä myös VTT:n ja Pöyryn yhteistyönä kehitetty ILMARI-laskuri. Sovelluksessa on kolme erilaista rakennetyyppiä, seinä- ja laattarakenteet, neliöpohjaiset rakenteet sekä kuutiopohjaiset rakenteet. Ensimmäiseen kategoriaan kuuluville osille voidaan määrittää rakennekerroksien materiaalit ja niiden paksuudet. Toiseen kategoriaan kuuluvat muun muassa ikkunat, ovet ja lattiapinnat. Kuutiometreinä määriteltäviä rakennosia ovat esimerkiksi palkit, perustukset ja piharakentamisen materiaalit. Laskurilla voidaan melko nopeasti valita kahden vaihtoehtoisen rakenteen väliltä se vähäpäästöisempi. (VTT, 2011)

Elinkaariarvioinnin laskentamenetelmät voidaan jakaa kahteen osaan. Panos-tuotos-menetelmällä eli IO-LCA:lla (input-output life cycle assessment) ympäristövaikutuksia arvioidaan projektiin käytetyn rahamäärän avulla. Menetelmä edellyttää hyvin paljon dataa kansantalouden toiminnasta, mutta on erittäin nopea sekä helppo käyttää. Tunnetuin sovellus panos-tuotos-menetelmästä on Carnegie Mellon -yliopiston EIO-LCA (economic input-output life cycle assessment), johon on mallinnettu tuotantokustannuksia Yhdysvalloista erittäin laajasti. Sovelluksesta on omat hieman suppeammat versiot myös Saksan, Espanjan ja Kanadan kansantalouksille. Panos-tuotos-menetelmän heikkoutena voidaan etenkin rakennusprojekteja arvioidessa pitää sitä, ettei se huomioi käyttö- eikä purkuvaiheita. Datasektorien rajallisuus vähentää myös päästödatan tarkkuutta.

Toinen tapa laskea syntyviä päästöjä, on jakaa tuotteen valmistus mahdollisimman pieniin prosesseihin, joissa voidaan määrittää prosessiin syötettävien materiaalien ja siitä saatavien materiaalien tasapaino tietyssä ajassa. Vastaavia prosessimalleja vaaditaan yksinkertaisenkin tuotteen päästöjen selvityksessä lukuisia, saati sitten kokonaisen rakennuksen tapauksessa. Näin ollen tämä menetelmä on huomattavasti työläämpi ja hitaampi kuin panos-tuotos-menetelmä. (Hendrickson, 2006)

Hendrickson et al. (2006) esittää, että näiden kahden mallin yhdistelmällä, niin sanotulla hybridianalyysillä, voidaan hyödyntää molempien menetelmien vahvuuksia ja saada tarkempia tuloksia. Rakennuksen elinkaaren päästöjä arvioidessa voidaan esimerkiksi

käyttää EIO-LCA:ta käytettyihin materiaaleihin sitoutuneiden päästöjen sekä rakentamisvaiheen päästöjen tutkimiseen, ja selvittää käyttövaiheen energiankulutuksen ja korjausten sekä purkuvaiheen ja kierrätyksen päästöt prosessimalleilla.

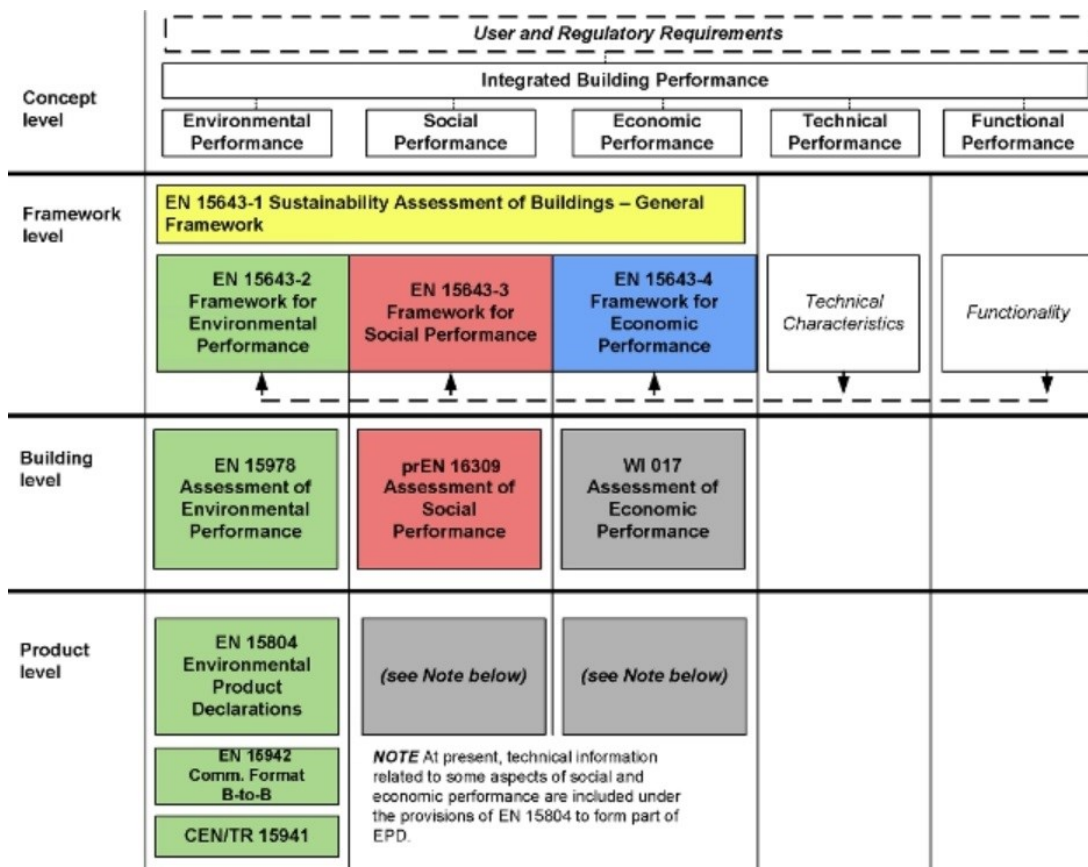
2.3 Ohjaus ja sääntely

Rakennusten energiatehokkuuden kansallinen ohjaus Suomessa perustuu suurelta osin maankäyttö- ja rakennuslakiin, rakentamismääräyksiin sekä lakiin energiatodistuksesta. Raamit kansalliselle sääntelylle antavat erikseen voimaan saatettavat EU:n direktiivit.

2.3.1 Globaali taso

Kansainvälisistä linjauksista päätetään YK:n ilmastosopimuksessa ja sitä tarkentavassa Kioton pöytäkirjassa. Kioton pöytäkirja astui voimaan vuonna 2005 ja se asettaa teollisuusmaille ilmastomuutosta hillitseviä velvoitteita. Sopimuksen ensimmäisen kauden (2008-2012) tavoitteena Suomen osalta oli säilyttää päästöt vuoden 1990 tasolla, missä myös onnistuttiin. Parhaillaan on käynnissä sopimuksen toinen kausi (2013-2020), josta sovittiin Dohassa vuonna 2012. Joulukuussa 2015 hyväksytty Pariisin sopimus vahvistaa ilmastotoimia ja pyrkii parantamaan valtioiden sopeutumiskykyä muutoksessa vähähiilisyys. Sopimuksessa ei ole määritelty tiettyjä päästötavoitteita, vaan valtiot pyrkivät saavuttamaan itselleen asettamansa, ajan myötä tiukentuvat tavoitteet. Suomi toteuttaa päästövähennyksiä osana Euroopan Unionia. Pariisin sopimus koskee Kioton pöytäkirjan toisen kauden jälkeistä aikaa. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2017)

Rakennusten osalta kahden organisaation standardit ovat ohjauksen perusta Suomessa. International Organization for Standardization (ISO) ja European Committee for Standardization (CEN) ovat molemmat julkaisseet omat standardinsa rakennusten elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten arviointiin. Molemmat järjestöt koostuvat teknisistä komiteoista, joista tämän tutkimuksen kannalta oleellisin on CEN:in TC 350 Sustainability of construction works. Komitean laatima standardipaketti on tarkoitettu rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadintaa sekä niitä hyödyntävää rakennusten ympäristövaikutusten arviointia varten. Paketti koostuu viitekehyksestä standardissa EN 15643 (1-4), rakennustasosta standardissa EN 15978 ja tuotetasosta standardeissa EN 15804, EN 15942 ja raportissa CEN/TR 15941. ISO:n vastaavat standardit EN 14040 ja EN 14044 sisältävät elinkaariarvioinnin sekä hiilitehokkuuden yleisellä tasolla, kestävästä rakentamisesta käsittelevät puolestaan standardit EN 15391 sekä EN 21930.



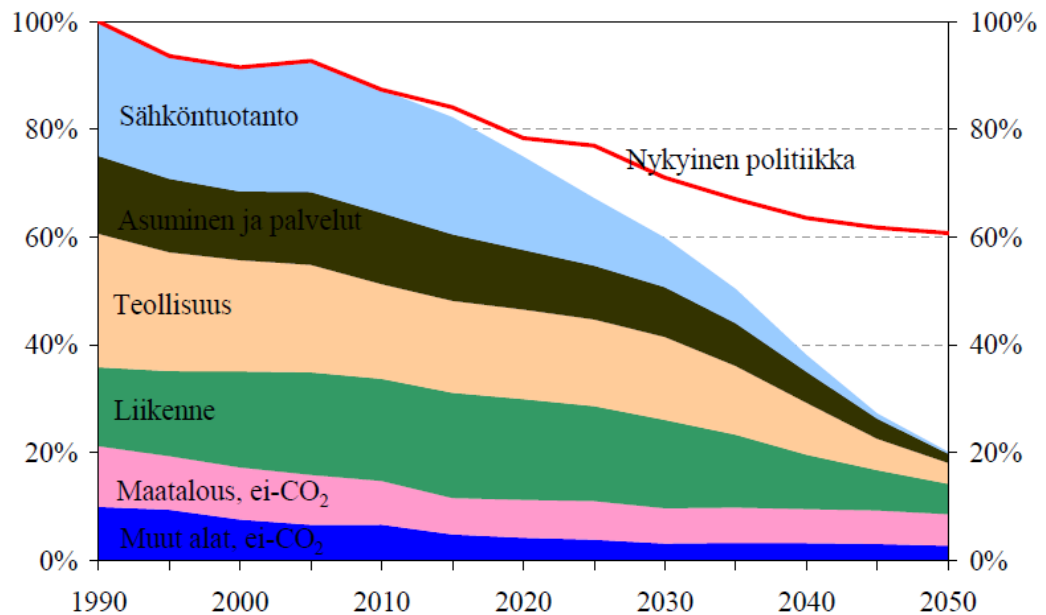
Kuva 3 CEN/TC 350:n laatima standardipaketti (EN 15978, 2011)

2.3.2 Yhteiseurooppalainen ohjaus

Euroopan Unionilla on suuri rooli Suomen ilmastopolitiikassa. Eurooppa 2020 -hanke on EU:n kasvustrategia, jolla pyritään toteuttamaan Kioton pöytäkirjan tavoitteet menettämättä kilpailukykyä markkinoilla. Hanke sisältää viisi yleistavoitetta Euroopan Unionin tilanteelle vuodelle 2020. Yksi tavoitteista liittyy ilmastomuutokseen ja kestäväan energiapolitiikkaan. Siinä pyritään vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosentilla vuodesta 1990, parantamaan energiatehokkuutta 20 prosentilla sekä lisäämään uusiutuvien energialähteiden osuus 20 prosenttiin kokonaiskulutuksesta. Jokaisella jäsenmaalla on omat kansalliset tavoitearvonsa, joilla tavoitteeseen päästään. Suomen kansalliset tavoitteet ovat 16 prosentin päästövähennys, 38 prosentin osuus uusiutuvilla energiamuodoilla ja 35,9 prosentin parannus energiatehokkuuteen. Muut tavoitteet koskevat työllisyyttä, koulutusta, köyhyyden torjuntaa sekä tutkimus- ja kehitystyön osuutta BKT:sta. Tavoitteet tukevat toisiaan, esimerkiksi investointi puhtaampaan teknologiaan hillitsee ilmastomuutosta sekä lisää liiketoimintamahdollisuuksia. (Euroopan komissio, 2011)

Yksi EU:n keinoista vähentää päästöjä kilpailukykyä menettämättä on tehokkaasti toimiva päästökauppa. Järjestelmä käynnistyi EU:ssa vuoden 2005 alussa ja myös Suomen valtiolla on päästöoikeuksien osto-ohjelma. Järjestelmän toiminta perustuu ajatukseen, että päästöjä vähennetään siellä, missä se on halvinta. Jos markkinoilta saatavat päästöoikeudet ovat edullisempia kuin omassa tuotannossa tehtävät päästöjen vähentämistoimet, kannattaa päästöoikeuksia hankkia markkinoilta. Vastaavasti päästöoikeuden hintaa edullisemmat päästöjen vähentämistoimet kannattaa toteuttaa. Järjestelmä kattaa suurten teollisuus- ja energiantuotantolaitosten hiilidioksidipäästöt.

Euroopan komission (2011) julkaisu tarjoaa Euroopan Unionin jäsenvaltioille pitkän aikavälin kehityksen kansallisen tason ylittävien ilmiöiden hallintaan. Visiona on asumisen ja siihen liittyvien palveluiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen noin 90:llä ja sähköntuotannon melkein 100:lla prosentilla vuoteen 2050 mennessä.



Kuva 4 Kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteet sektoreittain (Euroopan komissio, 2011)

Tämän tavoitteen saavuttaminen edellyttää sitä, että jäsenvaltiot onnistuvat ensin direktiivin 2010/31/EU toteuttamisessa. Rakennusten energiatehokkuutta käsittelevässä direktiivissä edellytetään muun muassa kaikkien uudisrakennusten olevat lähes nollaenergisiä vuodesta 2021 alkaen.

2.3.3 Ohjauksen kehitys Suomessa ja kansalliset tavoitteet

Määräykset ja standardit liittyen rakennusten energiatehokkuuteen ovat kehittyneet paljon viime vuosina. Rakennusosien lämmönläpäisykertoimet olivat pitkään ainoa sääntelyn muoto. Vuonna 2003 ilmanvaihdon lämmöntalteenotosta tuli pakollista. 2008 tuli voimaan ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta, jossa energiatehokkuusluku määritettiin jakamalla rakennuksen vuotuinen energiankulutus sen pinta-alalla. Vuodesta 2012 lähtien rakennuksen kokonaisenergiankulutus on laskettu E-lukuna ostoennergian ja energiamuotojen kertoimien tulojen summana. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3 sisältää E-lukujen maksimi-arvot rakennusluokittain uudisrakennuksille. Esimerkiksi uudelle asuinkerrostalolle sallitaan enintään 130 kWh / m² kokonaiskulutus energiamuotojen kertoimet huomioiden.

Määräykset rakennusten energiankulutukseen liittyen kohdistuvat edelleen ainoastaan käyttövaiheeseen. Viime vuosituonnilla muut elinkaaren vaiheet voitiin sivuuttaa, sillä käytönaikaisten päästöjen suuruus teki muiden elinkaaren vaiheiden päästöistä merkityksellisiä. Nykyaikaisen energiatehokkaan kerrostalon rakennusmateriaalien valmistamisesta ja rakentamisesta aiheutuvat päästöt ovat jo samaa suuruusluokkaa kuin tilojen 50 vuoden lämmityksestä syntyvät päästöt. Tulevaisuudessa energiantuotannon hiili-intensiteetin oletetaan laskevan sekä rakennusten käyttövaiheen energiankulutusta koskevan lainsäädännön kiristyvän entisestään, jolloin niin sanotun rakentamisen hiilipiikin merkitys vain korostuu. Hiilipiikki käsitteenä tulee tutuksi seuraavan luvun tutkimuksista.

ERA17 -raportissa (2010) luetellaan 5 askelta ilmastonmuutoksen torjumiseksi rakennettuun ympäristöön liittyen. Niiden tavoitteena on saavuttaa Eurooppa 2020 -tavoitteet Suomessa kolme vuotta aikataulua edellä.

1. Maankäytön suunnittelussa keskitytään energiatehokkuuteen ja päästövähennyksiin
2. Rakennuksiin integroidaan energiantuotantoa, tuotettua sähköä voidaan syöttää sähköverkkoon
3. Rakentamismääräysten tarkentuminen, rakennusvalvonta tarjoaa ennakoivaa laadunohjausta
4. Kiinteistöalalle luodaan päästökauppajärjestelmä, alueet ja rakennukset luokitellaan
5. Tutkimusresursseja ohjataan poikkitieteelliseen tutkimukseen ja panostetaan tulosten käytäntöön vientiin

Tuoreimmat kansalliset tavoitteet ja toimenpiteet rakennettuun ympäristöön liittyen linjataan vuonna 2017 päivitettyssä Työ- ja elinkeinoministeriön selonteossa (2017) muun muassa seuraavasti:

- parannetaan energiatehokkuutta ja edistetään uusiutuvan energian käyttöä olemassa olevassa rakennuskannassa
- toteutetaan informaatio-ohjausta rakennusten energiatehokkaasta käytöstä
- kytketään rakennusmateriaalien ja -tuotteiden valmistuksessa aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt vaikuttavalla tavalla rakentamisen ohjaukseen
- edistetään puurakentamista
- parannetaan rakentamisen materiaalitehokkuutta parantamalla rakennusjätteen lajittelua sekä luomalla purkumateriaaleille toimivat kierrätysmarkkinat

Samassa selonteossa tavoitellaan myös hiilen energiantuotannollisesta käytöstä luopumista, tuontiöljyn käytön puolittamista sekä uusiutuvan energian osuuden nostamista 50 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä.

2.4 Aiempi tutkimus

Tässä luvussa pyrin aiemman tutkimusaineiston avulla tuomaan esille perusteluja oman tutkimukseni tarpeellisuudelle.

2.4.1 Rakentamisesta aiheutuvat päästöt

Elinkaaren päästöjen arvioimisesta löytyy rakennustyypeittäin jonkun verran case-tutkimuksia. Pasanen et al. (2011) teki vertailun vuoden 2011 tyyppillisen betonielementeistä valmistetun kerrostalon ja puurunkoisen vastaavan rakennuksen hiilijalanjäljistä. Päästölaskelmat sisältävät kaikki elinkaaren vaiheet raaka-aineiden hankinnasta käyttövaiheen kautta purkuun ja materiaalien kierrätykseen. Tutkimuksessa on lisäksi laskettu päästökkenaariot rakennusmääräysten minimitasoiselle, passiivitasoiselle sekä lähes nolla-energiselle rakennukselle. Lämmitysmuotona oli kaikissa tapauksissa kaukolämpö. Lisäksi oletettiin energiantuotannon ominaispäästöjen laskevan edellä mainitun Euroopan komission vision mukaisesti. Minimilaadulla valmistetun betonirunkoisen talon päästöiksi saatiin 50 vuoden käyttöiällä noin 21 kiloa CO₂-ekv. per neliömetri vuodessa ja 100 vuoden käyttöiällä noin 12 kg CO₂-ekv. per neliömetri vuodessa. Käytön aikaisen

energian osuus kyseisen rakennuksen elinkaaren päästöistä oli 50 vuoden tapauksessa 72 prosenttia ja 100 vuoden tapauksessa 75 prosenttia.

Säynäjoki et al. (2012) tutki pientalojen elinkaaren päästöjä myös usealla skenaariolla. Perustapauksena oli vuoden 2008 rakennusmääräysten minimitasoinen rakennus, jota verrattiin tässäkin tutkimuksessa matalaenergiseen ja passiivitasoiseen rakennukseen. Tutkittava kohde oli uusi asuinalue, jolle rakennettiin 220 pientaloa. Rakennusten pinta-ala oli yhteensä 35 270 neliömetriä. Alueen rakentamisen päästöiksi saatiin perustapauksessa 60 500 CO₂-ekv. tonnia, josta infrastruktuurin osuus oli 9 prosenttia. Käyttövaiheen energiankulutuksen päästöt olivat perustapauksessa 44 200 CO₂-ekv. tonnia 50 vuoden käyttöiällä.

Rakennusmateriaalien merkitystä rakennuksen elinkaaren päästöihin on myös tutkittu laajasti. Esimerkiksi Guggemos ja Horvath (2005) tekivät vertailua kahden tyypillisen toimistotalon rakenneratkaisun elinkaaren päästöistä. Teräsrunkoisella rakennuksella ja betonirakennuksella todettiin olevan melko saman suuruiset elinkaaren päästöt. Betonielementteihin sitoutunut energia on pienempi kuin teräsrungolla, mutta teräsrunkoisen rakennuksen rakentaminen ja purkaminen vaativat tutkimuksen mukaan vähemmän energiaa kuin betonisen version.

Horvath (2004) käytti EIO-LCA-menetelmää rakennusmateriaalien, erityisesti betonin ympäristövaikutusten selvittämiseen. Yhdysvalloissa betonin valmistus kiviaineksesta, vedestä ja sementistä käytti vain 25 prosenttia valmisbetonin tuotantoketjun energiankulutuksesta. Suurin yksittäinen osuus energiasta kului sementin valmistuksessa, 27 prosenttia valmisbetoniin sitoutuneesta energiasta.

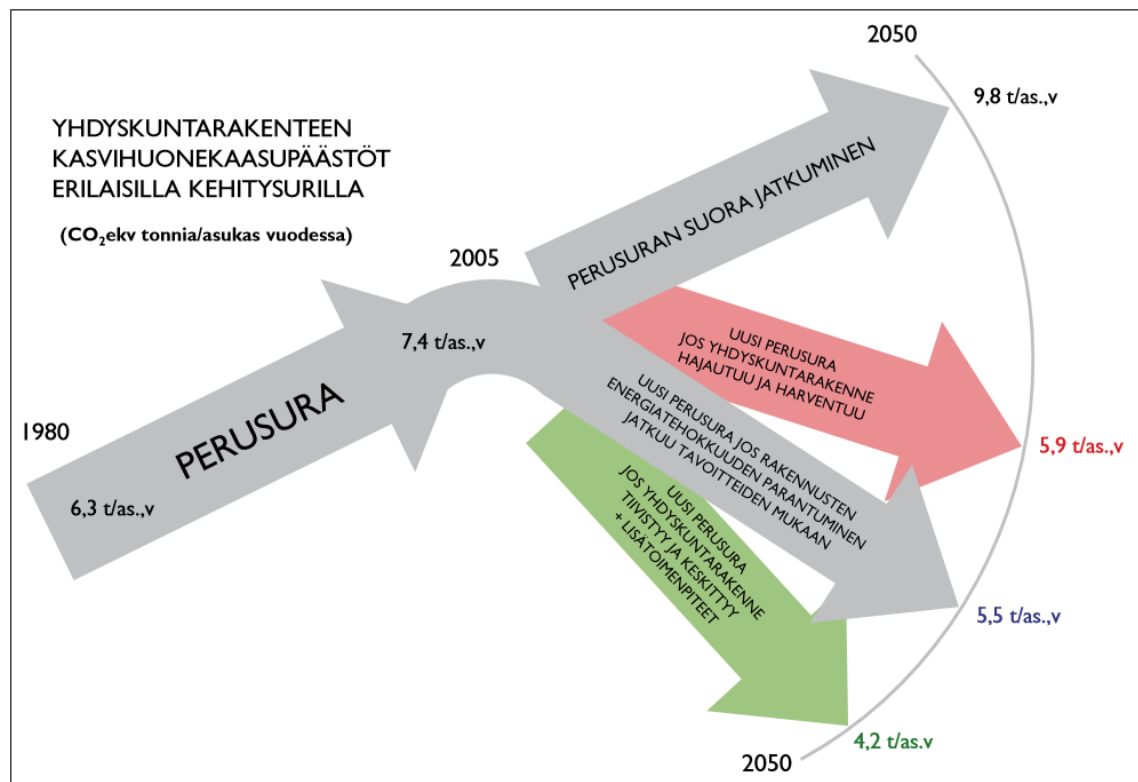
Ruuskan et al. (2013) tutkimuksessa selvitettiin rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia Suomessa. Tapaustutkimuksen kohteena oli A-energialuokan betonielementtikerrostalo, joka edusti vuonna 2011 tyypillistä uudistuotantoa. Rakennuksessa oli 28 asuntoa 6 kerroksessa, kerrosalaa oli yhteensä 2 454,5 m². Kohteen elinkaaren päästöiksi saatiin 741 – 1 617 CO₂-ekv. tonnia 50 vuoden käyttöiällä riippuen materiaalivalinnoista. Minimi- ja maksimivaihtoehdon suhde oli siis noin 2,2-kertainen. Tutkimuksessa käsiteltiin myös rakentamisen jätteitä ja niiden hyödyntämistä. Talonrakentaminen tuottaa vuosittain noin 2 miljoonaa tonnia rakennusjätettä, jonka nykyisellä hyödyntämisellä vältetään päästöjä noin 760 000 CO₂-ekv. tonnia vuodessa. Jätteen lajitteluun panostamalla olisi tutkimuksen mukaan mahdollista välttää vielä 140 000 CO₂-ekv. tonnia enemmän.

Kaikki rakentaminen kuluttaa energiaa ja näin ollen tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä. Rakentamista ei voida siis pitää lyhyellä tähtäimellä päästöjen vähentämisen keinona, sillä uudisrakentamisen vähentävä vaikutus koko yhteiskunnan päästöihin syntyy vasta vuosikymmenien päästä. Tätä problematiikkaa selvensi Heinonen et al. (2012) tutkimuksessaan pientaloalueen päästömääristä. Kohteena oli sama asuinalue kuin Säynäjoen et al. (2012) työssä, mutta tässä tutkimuksessa mallinnettiin alueen tuottamia vuosittaisia päästöjä profiloidun asukkaan hiilijalanjäljen avulla. Rakentamisvaiheen päästöt olivat 110 CO₂-ekv. tonnia per henkilö jaettuna tulevien asukkaiden kesken. Asukasprofiilin hiilijalanjälki oli tutkimuksessa 13,8 CO₂-ekv. tonnia vuodessa, joten muun muassa asumisen, vaatteiden, matkailun, yksityisautoilun ja lihatuotteiden päästöt ovat vastaavalla tasolla vasta 8 vuoden kuluttua. Pientalossa Espoossa asuvan hiilijalanjälki on Suomen mitta-kaavassa suurimmasta päästä, pääkaupunkiseudun ulkopuolella rakentamisvaiheen suhteellinen merkitys olisi vielä suurempi.

2.4.2 Yhdyskuntarakenteen merkitys

Yhdyskuntarakenteen päästöiksi voidaan laskea yhdyskunnan rakennusten ja rakenteiden tuottamisesta ja käytöstä sekä yhdyskunnassa asuvien henkilöliikenteestä aiheutuvat päästöt. Yhdyskuntien rakenne vaikuttaa kasvihuonekaasupäästöihin infrastruktuurin määrän ja ylläpidon sekä yhdyskuntien toiminnasta aiheutuvan liikenteen määrän kautta. Lahti ja Moilanen (2010) pyrkivät selvittämään Suomen suurimpien kaupunkiseutujen maankäytön nykytilannetta ja kehitysnäkymiä. Tutkimuksessa selviää, että yhdyskunnat Suomessa ovat hyvin hajanaisia verrattuna muihin pohjoismaihin. Yhdyskuntarakenteen ohjaamisella tiiviimmäksi voidaan tutkimuksen mukaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä suurimpien kaupunkiseutujen alueilla huomattavasti. Tarkasteltujen kehitysvaihtoehtojen vaihteluväli oli noin 1,7 CO₂-ekv. tonnia per asukas vuodessa, mikä vastaa 10 prosenttia Suomen nykyisistä kokonaispäästöistä (kuva). Päästöjen mahdollisina vähennyskeinoina mainitaan muun muassa:

- täydennysrakentaminen
- vajaakäyttöisten alueiden käyttötarkoituksen muutokset
- liikennejärjestelmien tehokkuuden nostaminen
- kuluttajan valintoihin vaikuttaminen maksuin ja rakentamismääräyksin



Kuva 5 Yhdyskuntarakenteen kasvihuonekaasupäästöt (Lahti ja Moilanen, 2010)

Asumistiheyden merkitystä päästöjen vähentämisessä on tutkittu muuallakin. Aiheessa on kuitenkin paljon epävarmuustekijöitä, jotka heikentävät tulosten vertailukelpoisuutta. Baur et al. (2014) selvittivät työssään eurooppalaisten kaupunkien kasvihuonekaasupäästöjä, parametreinaan asumistiheyden lisäksi muun muassa liikenne, rakennusten lämmitystarve sekä asukkaiden varallisuus. Liikenteen energiankulutuksella on tutkimuksen perusteella käänteinen riippuvuus asumistiheyteen. Havaittiin, että asumistiheyden merkitys kasvihuonekaasupäästöihin on pieni, suurempi vaikutus oli sen sijaan varallisuudella sekä asutokunnan koolla. Varallisuuden lisääntyminen kasvatti asukasta kohden laskettuja päästöjä, asutokoon kasvaminen taas pienensi niitä.

Vastaavaa selvitystä Yhdysvalloista löytyy esimerkiksi Brownin et al. (2009) tutkimuksesta metropolien hiilijalanjäljestä. Alueellinen varianssi oli tässäkin tapauksessa suurta, mutta metropolialueet havaittiin selvästi muita asumismuotoja vähäpäästöisemmiksi. Kyseisillä alueilla asui 75 prosenttia ihmisistä ja heidän osuutensa asumisen ja liikenteen päästöistä oli 56 prosenttia. Tutkimuksessa huomattiin myös, että päästöt asukasta kohden kasvavat jatkuvasti. Selittävinä parametreina käytettiin muun muassa väkilukua, keskituloja, asumistiheyttä, paikallista säätä, sähkön hintaa, eroja rakennusmääräyksissä sekä mahdollista raideliikennettä.

2.4.3 Energiatehokkuus ja kiinteistöliiketoiminta

Kiinteistö- ja rakennusalaalla päätöksenteko on pirstaloitunut pieniin osiin, kuten Riihimäen ja Siekkisen (2002) kiinteistön arvoketjua käsittelevästä kuvasta 5 huomaa. Alojen toimijat, kuten kunnat, urakoitsijat, omistajat, käyttäjät ja palveluiden tuottajat ovat kuitenkin riippuvaisia toisistaan, mikä aiheuttaa usein ongelmia kunkin toimijan maksimoidessa omaa hyötyään. Energiatehokkuuden merkitys kiinteistöliiketoiminnassa kuitenkin kasvaa jatkuvasti ja vastuu ympäristöstä kuuluu jo monen osapuolen strategiaan.



Kuva 6 Kiinteistön arvoketju (Riihimäki ja Siekkinen, 2002)

Nykyinen trendi erityisesti toimitilojen uudisrakentamisessa on pyrkimys matala- tai nollaenergiisiin ratkaisuihin. Tämä on luonnollinen kehityssuunta, sillä kaikki osapuolet hyötyvät jollain tavalla. Ympäristöluokitellun toimitilan käyttöaste ja vuokrataso ovat tutkimusten (McGraw-Hill Construction 2007; Miller et al. 2008) mukaan korkeammat kuin vastaavan sijainnin omaavalla sertifioimattomalla rakennuksella. Esimerkiksi LEED- tai BREEAM-sertifikaatin saadakseen rakennuttajan kulut eivät kasva lainkaan samassa mitakaavassa kuin hyödyt. Omistajille rakennuksen ”vihreys” näkyy suoraan kustannussäästöinä, käyttäjät hyötyvät rakennuksen paremmasta laadusta ja ekologisesta leimasta.

3 Lähtötiedot ja metodiikka

Rakennuskannan määritelmä työssä on sama kuin lähdeaineistolla, eli lukuihin ei sisälly maatalousrakennuksia, puolustusvoimien rakennuksia, eikä kesämökkejä, ellei toisin mainita.

3.1 Rakennuskanta Suomessa ja rakennusmateriaalit

Vuonna 2000 rakennusten kokonaisala Suomessa oli noin 370 miljoonaa neliometriä, joista asuinrakennusten neliöitä 63 prosenttia. Erillisistä pientaloista noin puolet oli rakennettu ennen vuotta 1970, asuin kerrostaloista 40 prosenttia. Keskimääräisen huoneiston pinta-ala oli kerrostaloasunnossa 56,1 m² ja pientalossa 101,9 m²

Rakennusmateriaaleilla on merkitystä rakennuksen hiilijalanjälkeen kahdella eri tavalla. Niiden valmistamisessa ja raaka-aineiden hankinnassa kuluu energiaa, jota kutsutaan materiaalien sitomaksi energiaksi. Materiaalit myös muodostavat valmiissa rakennuksessa systeemin, joka määrittää rakennuksen käytön aikaisen energiantarpeen. Tuomaalan (2008) mukaan, tyypillinen vuoden 2003 rakennus käyttää lähes puolet vähemmän energiaa sopivan sisäilman lämpötilan ylläpitämiseen kuin vuoden 1960 vertailukohde. Vuoden 2003 uudisrakennuksestakin on vielä pitkä matka rakennusten energiatehokkuusdirektiivin vaatimalle tasolle, joka on lähes nollaenergisyys vuodesta 2021 alkaen.

Taulukko 1 Rakennusten käytön aikainen energiankulutus rakennusajankohdan mukaan (mukailen Tuomaala, 2008)

Kulutus, kWh / m ²	1960		1980		2003	
	min	max	min	max	min	max
Lämmitys	160	200	100	140	80	120
Talotekniikka	20	30	20	40	10	30
Lämmin vesi	20	60	20	60	20	50
Kotitaloussähkö	20	40	20	40	20	40
Asuminen yhteensä	220	330	160	280	130	240

Vuonna 2000 olemassa olleen rakennuskannan yleistyksenä voitaneen energiankulutuksen osalta pitää 1980-luvulla rakennetun rakennuksen tietoja.

3.2 Väestö

Muuttoliike on yksi merkittävimmistä syistä uudisrakentamisen alueelliselle jakautumiselle, joten tutkimuksessa on syytä selvittää myös väestön tärkeimpiä tunnuslukuja.

Tilastokeskus jaottelee Suomen kunnat kolmeen kategoriaan. Kunta on kaupunkimainen, jos vähintään 90 prosenttia väestöstä asuu taajamissa tai suurin taajama on asukasluvultaan yli 15 000. Maaseutumaisia kuntia ovat ne, joissa yli 40 prosenttia väestöstä asuu taajamien ulkopuolella ja suurimmassa taajamassa asuu alle 15 000 asukasta. Maaseutumaisia ovat myös ne kunnat, joissa taajamissa asuu yli 60 mutta alle 90 prosenttia väestöstä ja suurimman taajaman väkiluku on alle 4 000 asukasta. Näiden välimuoto on taajaan asuttu kunta, jossa yli 60 mutta alle 90 prosenttia väestöstä asuu taajamissa sekä suurimman taajaman asukasluvuksi on 4 000 – 15 000.

Suomessa on nykyjaottelun mukaan 58 kaupunkimaista, 63 taajaan asuttua, ja 190 maaseutumaista kuntaa. Keskimäärin kaupunkimaisessa kunnassa asuu noin 67 000 asukasta, maaseutumaisessa alle 4 000.

3.3 Käytetyt menetelmät

Suurin osa työssä käytetystä numeerisesta datasta on haettu Tilastokeskuksen (2017) StatFin-tilastotietokannasta. Työn laajuus huomioiden, se sisältää riittävän tarkasti yksilöityä dataa vuosittaisista muutoksista muun muassa Suomen rakennuskannassa ja väestörakenteessa. Esimerkkinä työn metodiikasta esittelen seuraavaksi kuvan 12 laadintatavan.

Lähtötiedot kaavioon ovat peräisin StatFin-tietokannasta Väestö ja sen alta löytyvästä 013 – Kaikki väestönmuutokset alueittain 1987 -2016 -taulukosta. Taulukon parametreja ovat Alue, Väestönmuutos ja väkiluku sekä Vuosi. Tässä tutkimuksessa aluejakona käytetään vuoden 2016 kuntajakoa. Väestönmuutos ja väkiluku -kohdasta halutaan selvittää väkiluvun kokonaismuutos, ja Vuosi -listasta valitaan vuodet 2001 – 2016. Samasta taulukosta saadaan myös vuoden 2000 asukasmäärät samalla aluejaolla vaihtamalla kokonaismuutoksen tilalle väkiluku. Kuvassa 12 aluejakona toimii Tilastokeskuksen (2016) tilastollinen kuntaryhmitys, jossa kunnat on jaoteltu kaupunkimaisiksi, taajaan asutuiksi tai maaseutumaisiksi. Yhdistämällä nämä kuntaryhmituksen tiedot väestönmuutostietoihin saadaan taulukko, jonka sisältö voidaan taulukkolaskentaohjelmalla järjestää aakkosjärjestyksen sijaan ryhmituksen perusteella. Tällä tavoin saadaan selville kaupunkimaisten, taajaan asuttujen sekä maaseutumaisten kuntien ryhmittäinen väkiluku vuodelta 2000 sekä vuosittaiset muutokset.

Kaavion esitystapana on vuosittainen kumulatiivinen muutos väkiluvussa prosentteina. Prosenttien selvittämiseksi jaetaan aluejaon mukaisesti jokaisen vuoden kokonaismuutos vuoden 2000 väkiluvulla. Kumulatiivinen muutos saadaan selville laskemalla yhteen halutun vuoden edellisessä kohdassa laskettu prosenttiarvo sekä vuoden 2000 ja halutun vuoden väliset prosenttiarvot. Tässä kaaviossa esimerkiksi kaupunkimaisten kuntien väkiluku vuonna 2000 oli 3 491 907 henkilöä ja muutos seuraavana vuonna 24 003 henkilöä. Muutos on 0,69 prosenttia. Vuonna 2002 väkiluku lisääntyi 18 143 henkilöllä eli 0,52 prosentilla vuoden 2000 väkilukuun nähden. Vuoden 2002 kumulatiivinen muutos on siis 1,21 prosenttia. Vuodelta 2003 lasketaan yhteen vuosien 2003, 2002 ja 2001 luvut ja niin edelleen. Nämä vuosittaiset kumulatiiviset prosentit ovat esitettynä kuvassa 12. Suurin osa työn tuloksista on tuotettu edellä kuvatulla menetelmällä.

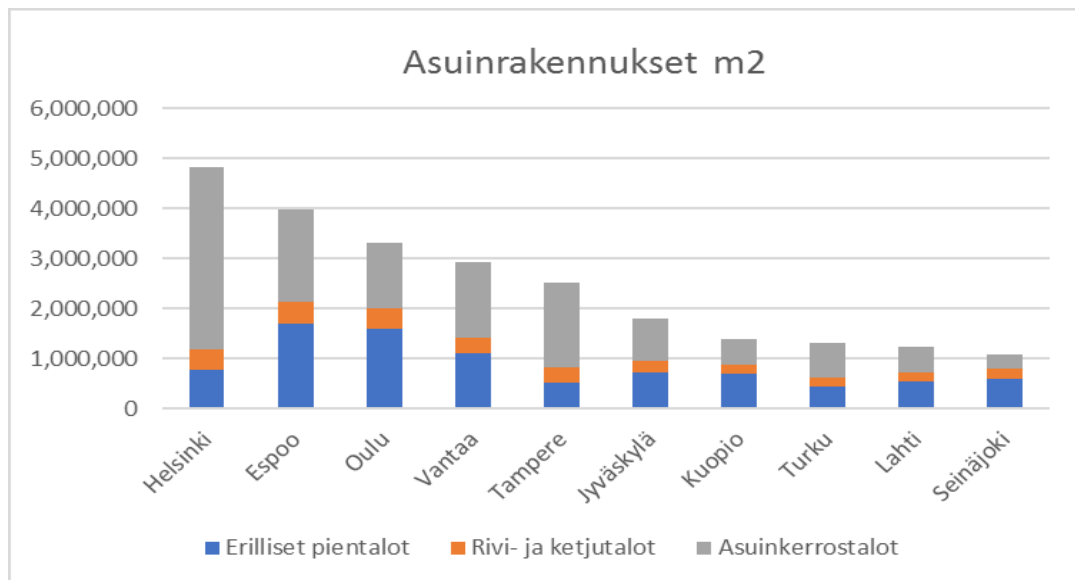
4 Tulokset

Rakennusten kokonaisala Suomessa on noin 474 miljoonaa neliömetriä. Asuinrakennuksia tästä on 62 prosenttia ja toimisto-, liike- sekä teollisuusrakennuksia 21 prosenttia. Lähes kolmasosa pientalo- ja kerrostaloneliöistä on rakennettu 1990-luvulla tai sen jälkeen. Niin ikään kolmannes asuineliöistä on valmistunut ennen vuotta 1970. Toimisto-, liike- ja teollisuusrakennusten kanta on vielä tuoreempaa, vain neljäsosa on rakennettu ennen vuotta 1970.

4.1 Rakentamisen aktiviteetti

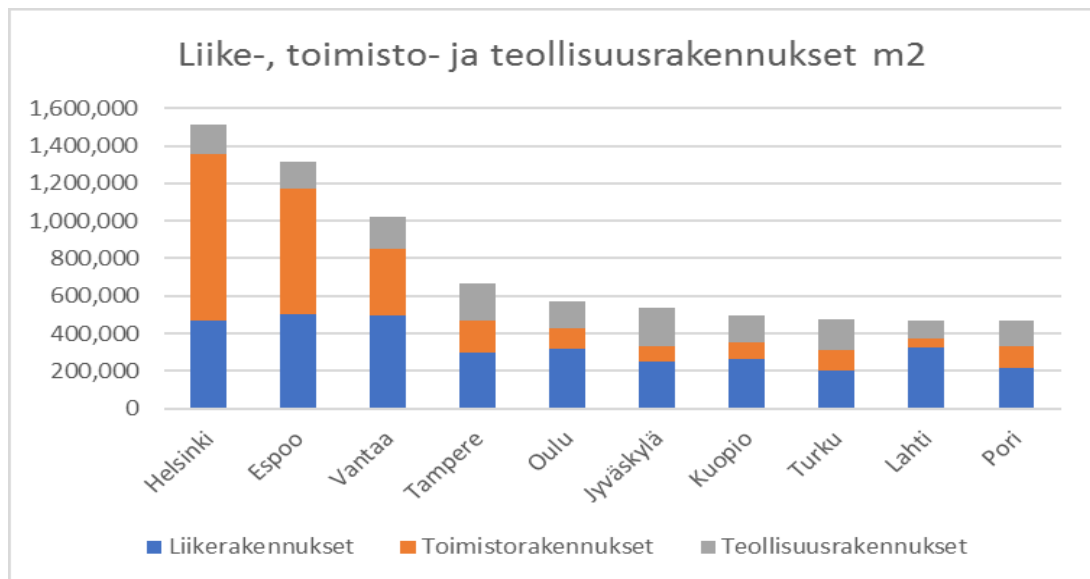
Vuosina 2000 – 2016 rakennettujen (rakennuskantaan kuuluvien) rakennusten pinta-ala Suomessa on 97 miljoonaa neliömetriä. Asuinrakennuksia tästä määrästä on 59 miljoonaa neliömetriä ja toimisto- liike- ja teollisuustiloja yhteensä 20 miljoonaa neliömetriä. Noin 40 prosenttia kaikesta rakentamisesta on tapahtunut 10 kasvukunnassa, joita ovat Helsinki, Espoo, Oulu, Vantaa, Tampere, Jyväskylä, Kuopio, Turku, Lahti sekä Seinäjoki. 20 prosenttia valmistuneista uudisrakennuksista sijaitsee pääkaupunkiseudulla.

Helsingissä ja Espoossa on rakennettu eniten asuinrakennuksia tänä aikana. Helsingissä 75 prosenttia uusista asuineliöistä sijaitsee kerrostaloissa, kun taas Espoossa on rakennettu rivi- ja ketjutaloja sekä erillisiä pientaloja neliöissä mitattuna enemmän kuin kerrostaloja. Helsinkiin on rakennettu erillisiä pientaloja 4 345 kappaletta, joten kerrosalan keskiarvoksi saadaan Tilastokeskuksen tiedoilla 180 m². Espoossa vastaavat luvut ovat 8 836 rakennettua pientaloa 193 m² keskimääräisellä kerrosalalla. Koko maan keskiarvo uudisrakennetun pientalon kerrosalalle on 176 m². Kerrostaloasuntoja Helsinkiin valmistui 47 002 kappaletta ja Espooseen 23 549 kappaletta.



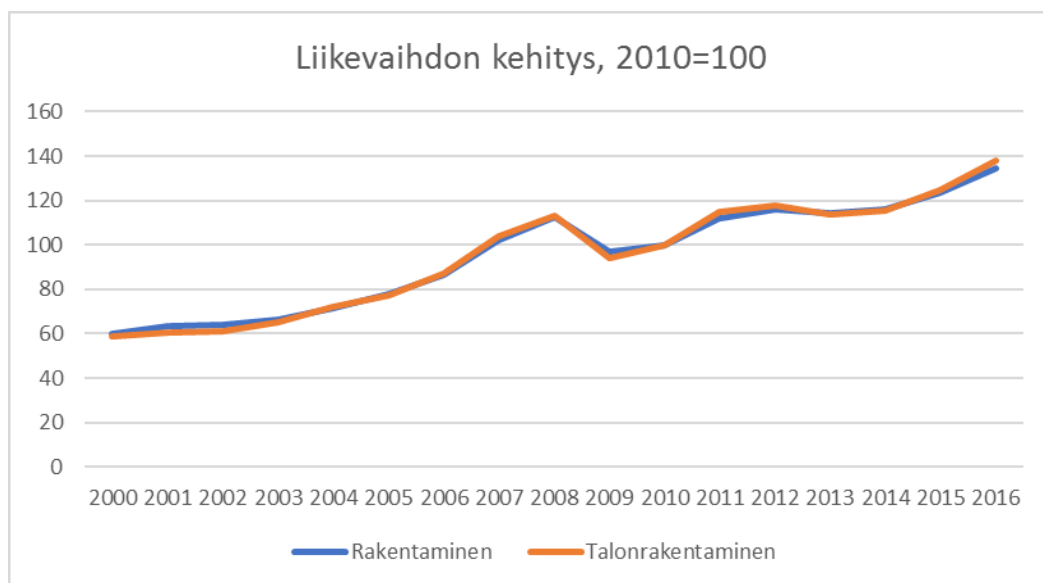
Kuva 7 Vuosien 2000 - 2016 aikana valmistuneet asuinrakennukset neliömetreinä, kymmenen aktiivisinta kaupunkia

Helsingissä ja Espoossa on valmistunut liike-, toimisto-, ja teollisuusrakennuksiakin muita kuntia enemmän. Pääkaupunkiseudulle on rakennettu yli 54 prosenttia koko Suomen uusista toimistorakennuksista tänä aikana.



Kuva 8 Vuosien 2000 - 2016 aikana valmistuneet liike-, toimisto- ja teollisuusrakennukset neliömetreinä, kymmenen aktiivisinta kaupunkia

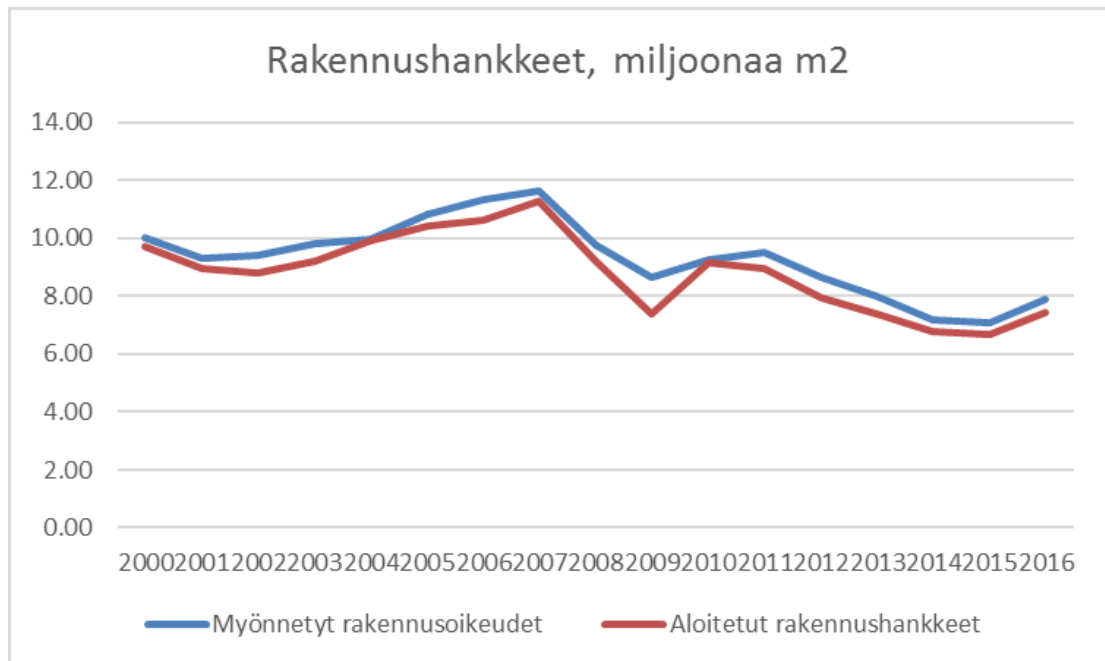
Rakennusalan yritysten liikevaihdon suhteellisesta kuvaajasta voidaan nähdä, että 2000-luvulle on mahtunut sekä nousua, että laskua. Trendi on kuitenkin ollut selkeästi nouseva.



Kuva 9 Rakennusalan yritysten liikevaihdon kehitys, suhteutettu vuoden 2010 tasoon

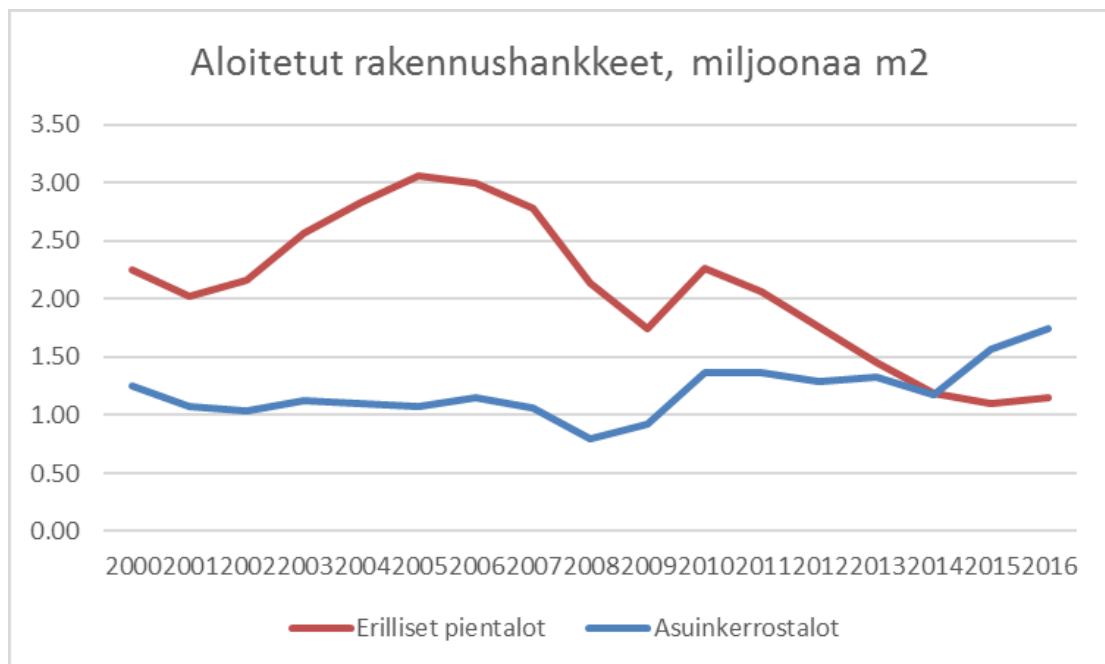
Kuvaajasta huomataan myös, että rakennusala palautui liikevaihdolla mitattuna nopeasti vuoden 2009 laskusuhdanteesta, sillä jo vuosi 2011 oli parempi kuin edellinen huippuvuosi. Eurostat (2017) on tilastoinut rakennusalan tunnuslukuja Euroopan Unionin jäsenmaissa vuodesta 2005. Tilaston mukaan Suomessa toimii nykyään hieman yli 40 000 rakennusalan yritystä. Alan yritysten tuotannon arvo oli vuonna 2005 hieman alle 20 miljardia euroa, kun se vuoden 2016 lopussa oli yli 33 miljardia. Kasvu on ollut huomattavasti nopeampaa kuin EU:ssa keskimäärin. Kuten liikevaihdon suhteellisesta kuvaajasta nähtiin, eritellyn talonrakentamisen liikevaihdon kasvu on ollut käytännössä identtistä koko sektorin kasvun kanssa. Euromääräisesti se on kasvanut vuoden 2005 9 miljardista vuoden 2016 15 miljardiin.

Rakennusoikeuksia tai aloitettuja rakennushankkeita tarkastellessa huomataan kuitenkin, että nämä osa-alueet ovat edelleen vahvasti laskevalla uralla. Huippuvuodesta 2007 laskua on noin kolmannes.



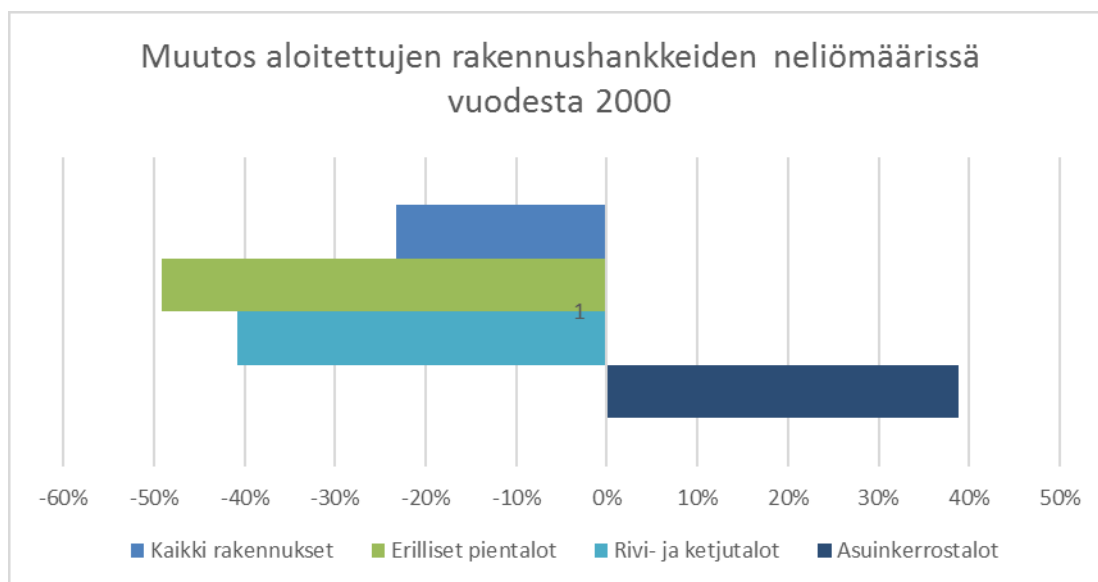
Kuva 10 Myönnettyt rakennusoikeudet ja aloitettut rakennushankkeet neliömetreinä 2000-luvulla

Lasku ei suinkaan ole ollut tasaista kaikilla talotyypeillä. Pientaloja rakennettiin vuosituhanen vaihteessa kaksinkertainen määrä kerrostaloihin nähden neliömetreissä mitattuna. Vuonna 2005 ero oli lähes kolminkertainen pientalojen eduksi, mutta aloitettujen pientalohankkeiden määrä on romahtanut siitä yli 60 prosenttia ja vuosituhanen alustakin melkein 50 prosenttia. Samaan aikaan aloitettujen asuinkerrostalohankkeiden määrä on lähentynyt pitkän tasaisen vaiheen jälkeen nopeaan kasvuun.



Kuva 11 Aloitettut asuinrakennushankkeet 2000-luvulla neliömetreinä, erilliset pientalot ja asuinkerrostalot eriteltynä

Vuonna 2016 aloitetuista asuinrakennushankkeista neliömääräisesti 36 prosenttia on erillisiä pientaloja, 9,5 prosenttia rivi- ja ketjutaloja ja 54,5 prosenttia asuinkerrostaloja. Koko maan laajuisesti uusien asuinrakennusneliöiden määrä kaikesta rakentamisesta on pysynyt 2000-luvulla melko tasaisesti 35 – 45 prosentissa. Näissä luvuissa on tosin mukana maatalousrakennukset ja muut rakennuskantaan määritelmällisesti kuulumattomat rakennukset. Rakennuskantaan kuuluvasta rakentamisesta 2000-luvulla asuinrakennusten neliömetrit kattavat noin 60 prosenttia.



Kuva 12 Muutos aloitettujen rakennushankkeiden neliömäärissä vuodesta 2000 vuoteen 2016

Rakennusyritysten liikevaihto on tuplaantunut vuosituhaten vaihteesta, vaikka uudisrakentaminen on vähentynyt yli 20 prosenttia samassa ajassa. Kuvan 11 mukaista tilastoa ei ollut saatavilla kuntatasolla. Valmistuneiden rakennusten osuuksista voidaan kuitenkin nähdä kerrostalorakentamisen suosion kasvu myös kunnittain. Taulukossa 2 esimerkkinä kolme aktiivisinta kuntaa.

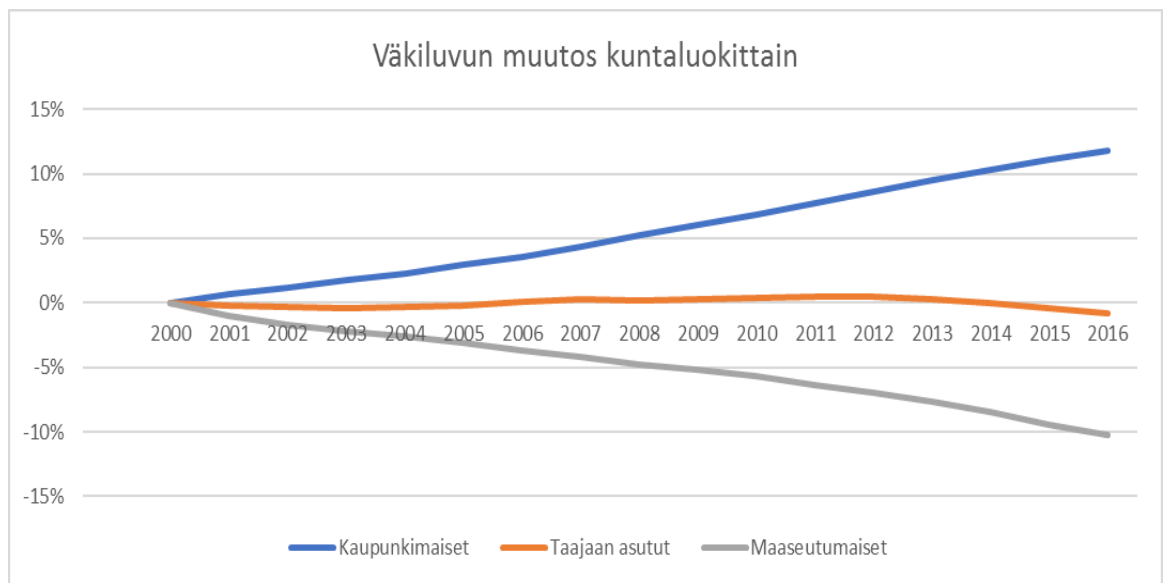
Taulukko 2 Rakennustyyppien osuus uusista asuinrakennuksista valmistumisvuoden perusteella pääkaupunkiseudulla

Helsinki		
Rakennusvuosi	2000 - 2009	2010 - 2016
Erilliset pientalot	18.0%	13.8%
Rivi- ja ketjutalot	9.7%	6.3%
Asuinkerrostalot	72.3%	79.9%
Espoo		
Rakennusvuosi	2000 - 2009	2010 - 2016
Erilliset pientalot	48.5%	34.4%
Rivi- ja ketjutalot	11.9%	9.4%
Asuinkerrostalot	39.6%	56.2%
Vantaa		
Rakennusvuosi	2000 - 2009	2010 - 2016
Erilliset pientalot	44.9%	27.9%
Rivi- ja ketjutalot	13.8%	6.2%
Asuinkerrostalot	41.3%	65.9%

Helsingissä kerrostalojen osuus asuinrakentamisesta oli suuri jo vuosituhatluku alusta, Espoossa ja Vantaalla muutos pientalovaltaisesta rakentamisesta pois on ollut nopea.

4.2 Muutokset väestörakenteessa

Suomen väkiluku oli vuoden 2016 lopussa 5 181 115 henkilöä. Kasvua vuosituhatluku alusta on reilut 6 prosenttia. Maaseudun tyhjeneminen on ollut jatkuva ilmiö. Vuoden 2000 tasosta kaupunkimaisten kuntien väkiluku on kasvanut yhteensä noin 413 000 asukkaalla ja maaseutumaisten pienentynyt noin 86 000 asukkaalla. Prosentuaalisesti luvut ovat melko saman suuruiset, kaupungeilla 12 prosenttia kasvua ja maaseudulla 10 prosenttia laskua. Taajaan asutut kunnat ovat pitäneet pintansa hyvin 2000-luvulla ja niiden väkiluku on pysynyt lähes muuttumattomana.



Kuva 13 Väkiluvun muutos kuntaluokittain 2000-luvulla

Pääkaupunkiseudun eli Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisen muuttovoitto on samalta ajalta yli 182 000 henkilöä eli alueen väkiluku on kasvanut noin 19 prosenttia.

Tällä vuosituhatluvulla eniten kasvaneet kaupunkimaiset kunnat ovat Helsinki, Espoo ja Vantaa, Espoo prosentuaalisesti nopeimmin lähes 29 prosentin kasvulla. Suomen veto-voimaisin kunta lähes 75 prosentin kasvulla on ollut taajaan asuttu Liminka. Suomen 58:stä kaupunkimaisesta kunnasta 19 on ollut muuttotappiollisia 2000-luvulla. Eniten asukkaita ovat menettäneet Kouvola, Savonlinna ja Varkaus. Nopeimmin on kuihtunut maaseutumainen Hyrynsalmi, jossa asuu ihmisiä 31 prosenttia vähemmän kuin vuosituhatluku alusta.

Taulukko 3 5 eniten 2000-luvulla kasvanutta ja kutistunutta kaupunkimaista kuntaa

Kunta	Väkiluku 2016	Muutos vuodesta 2000	% muutos
Helsinki	635181	79707	14.3%
Espoo	274583	61312	28.7%
Vantaa	219341	40870	22.9%
Oulu	200526	39675	24.7%
Tampere	228274	32806	16.8%
Kunta	Väkiluku 2016	Muutos vuodesta 2000	% muutos
Kouvola	85306	-6244	-6.8%
Savonlinna	35242	-4333	-10.9%
Varkaus	21468	-3422	-13.7%
Imatra	27517	-3146	-10.3%
Kemi	21602	-2087	-8.8%

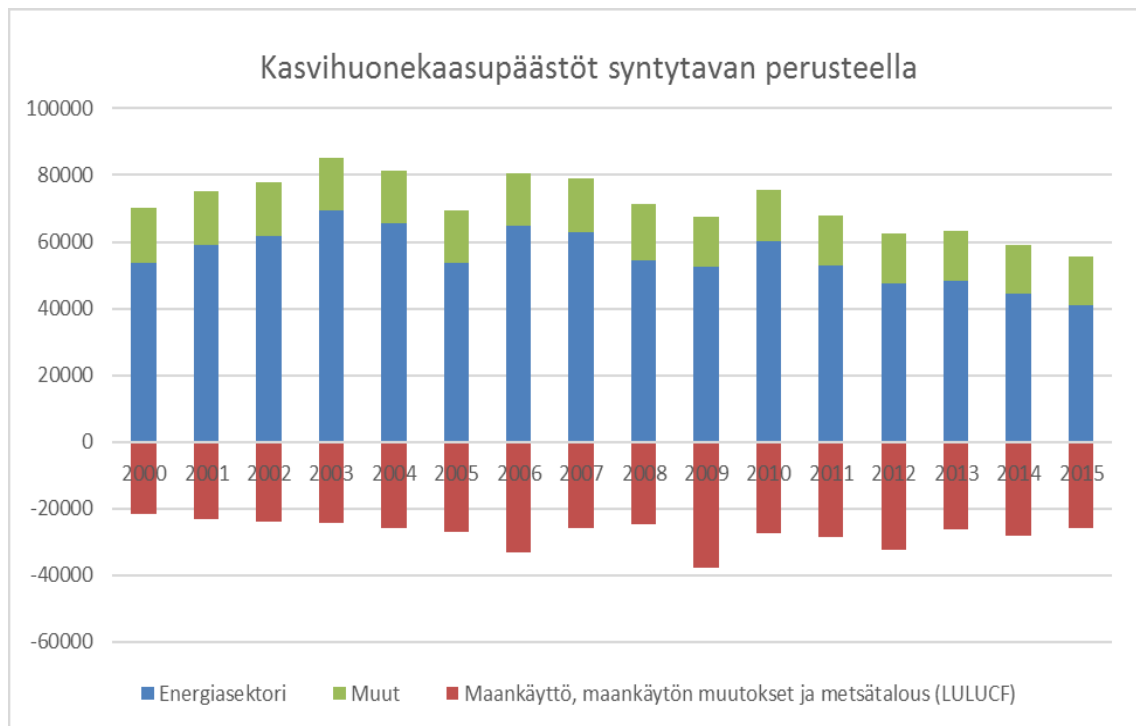
Rakentamistarpeen näkökulmasta mielenkiintoisia ovat myös muutokset suomalaisissa asutuskunnissa. Asutuskuntien määrä on nimittäin lisääntynyt 2000-luvulla myös maaseutumaaisissa kunnissa suuresta muuttotappiosta huolimatta. Asuineliöiden määrä per henkilö on myöskin noussut reilusti. Asuinrakennusten uudistuotannolle on jo tästä syystä tarvetta myös monessa muuttotappiollisessa kunnassa.

Taulukko 4 Muutokset asuineliöissä sekä asutuskunnissa kuntaluokittain 2000-luvulla

Asuineliöt per henkilö vuonna 2016		Muutos vuodesta 2000	% muutos
Kaupunkimainen	41.1	5.4	15.0%
Taajaan asuttu	43.8	7.1	19.5%
Maaseutumainen	45.7	8.4	22.7%
Asutuskuntia vuonna 2016		Muutos vuodesta 2000	% muutos
Kaupunkimainen	1918663	320399	20.0%
Taajaan asuttu	386672	33798	9.6%
Maaseutumainen	349322	5074	1.5%

4.3 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys

Suomen vuosittaiset kasvihuonekaasupäästöt kokonaisuudessaan näkyvät kuvassa 13. Energiasektorin päästöt ovat vähentyneet yli 30 prosenttia vuoden 2010 tasosta. Muiden sektorien päästöt ovat pysyneet lähes muuttumattomina. Eurooppa 2020 -hankkeessa tavoitellaan 20 prosentin vähennystä päästöihin vuoden 1990 lukuihin verrattuna. Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa vuonna 1990 olivat noin 71 000 tonnia CO₂-ekv., joten vuoden 2015 päästötaso on jo 22 prosentin vähennys. Vuoden 2016 tiedot eivät olleet saatavilla tämän työn valmistumisajankohtana.



Kuva 14 Kasvihuonekaasupäästöt syntyvän perusteella Suomessa vuosittain

5 Analyysi ja johtopäätökset

Tässä luvussa käydään läpi edellä lueteltuja havaintoja tutkimusaineistosta ja pohditaan niiden mahdollisia juurisyitä.

5.1 Esitettyjen tulosten tulkinta

Yksi aineistosta esiin noussut ilmiö oli väestön keskittyminen kaupunkeihin. Tämä muutoliike ja väestörakenteen muutos selittävät osan rakentamisen maantieteellisestä jakautumisesta. Uudisrakentaminen on keskittynyt luonnollisesti kuntiin, joissa asutokuntien lukumäärä on kasvanut eniten. Samat 10 kuntaa ovat kärkisijoilla molemmissa tilastoissa. Pääkaupunkiseudun lähes 20 prosenttia kasvaneen väkiluvun on mahdollistanut taulukossa 4 näkyvä dominointi uudisrakennusneliöissä.

Taulukko 5 Uudisrakentaminen kokonaisuudessaan sekä asutokuntien lukumäärän muutos 2000-luvulla, 10 suurinta

Kunta	Kaikki rakennukset m ²	Kunta	Asutokuntien muutos lkm
Helsinki	8,225,879	Helsinki	47,672
Espoo	6,190,334	Espoo	31,409
Vantaa	5,143,462	Oulu	26,061
Oulu	4,678,033	Tampere	26,046
Tampere	3,771,877	Vantaa	24,381
Jyväskylä	2,813,889	Jyväskylä	15,840
Turku	2,499,928	Turku	12,681
Kuopio	2,197,598	Kuopio	9,639
Lahti	2,024,689	Lahti	8,594
Seinäjoki	1,715,850	Seinäjoki	7,849

Toinen mielenkiintoinen tulos oli rakennusalan yritysten liikevaihdon ja uudisrakentamisen määrän eriävät suunnat. Tähän antoi näkökantaa uudisrakentamisen määrän selvittäminen rakennustyypeittäin, erityisesti asuinrakennusten osalta. Kävi siis ilmi, että asuin-kerrostalojen uudisrakentaminen on lisääntynyt selvästi, vaikka talonrakentamisen kokonaisneliömäärät ovat vähentyneet. Pientalorakentamisen vähenemisellä on siis ollut vain vähän, jos ollenkaan, vaikutusta alan yritysten tuotannon kokonaisarvoon. Yksi selittävä tekijä voi myös olla yksityishenkilöiden rakentamissa pientaloissa, joiden neliömäärät näkyvät kyllä uudisrakentamisen tilastoissa, mutta eivät rakennusyritysten liikevaihdossa (materiaalihankinnat voivat näkyä). Tästä ei kuitenkaan löytynyt mitään tilastotietoa.

Kappaleessa 3.2 esiteltiin Suomen vanhan rakennuskannan käyttövaiheen energiantarvetta. Nykystandardien mukaisten kerrostalojen kulutuksia arvioi Ruuska et al. (2013) seuraavasti:

**Taulukko 6 Uuden kerrostalon käytön aikainen energiankulutus energiatehokkuuden mukaan (mu-
kaillen Ruuska et al., 2013)**

Kulutus, kWh / m ²	A-energialuokka	Passiivitaso	Lähes nollaenergiataso
Lämmitys	33	20	20
Lämmin vesi	35	35	17.5
Sähkö	50	50	38
Asuminen yhteensä	118	105	75.5

Toteutuneista energialuokista ja energiatodistuksista on olemassa julkinen rekisteri (www.energiatodistusrekisteri.fi), josta selviää valmistuneiden rakennusten laatu. Rekisterin perusteella ylivoimaisesti suurin osa uusista asuinkerrostaloista kuuluu energialuokkaan C. Luokkaan C kuuluvilla asuinkerrostaloilla energiamuotojen kertoimilla painotettu kokonaisenergiankulutus on välillä 101 – 130 kWh / m² vuodessa. Tämä on, kuten oletettiin, vuoden 2012 säädösten minimitaso energiatehokkuudessa. Näyttäisi siltä, että passiivitasoinen tai lähes nollaenergiatasoinen rakentaminen ei toteudu asuinrakennusten osalta ilman kannustimia tai lainsäädännön kiristämistä.

Riihimäen ja Siekkisen (2002) mukaan 1990-luvulla rakennettiin lisää asuntoja ja toimintiloja, vaikka niitä oli määrällisesti jo riittävästi. Olemassa olevat tilat eivät vastanneet käyttäjien tarpeita. Ilmiö on tuttu nykyäänkin esimerkiksi pääkaupunkiseudulta, missä on rakennettu lähes 2 miljoonaa neliometriä uusia toimistotiloja, vaikka niiden vajaakäyttöaste on kohonnut nyt jo melkein 20 prosenttiin. Uudisrakentamisessa onkin tärkeää ennakoita tulevien käyttäjien tarpeita.

5.2 Tulosten vertailun ongelmat

Tässä työssä ei ollut tarkoituksena selvittää uudisrakentamisen päästöjä, vaan ainoastaan sen määrää ja maantieteellistä jakautumista. Kasvihuonekaasupäästöjen merkitys rakentamisen ohjauksessa on kuitenkin nyt jo hyvin suuri ja tulee vain kasvamaan tulevaisuudessa. Tämän työn laajuudessa päästöjen roolina oli toimia viitekehystenä työn tarpeellisuudelle. Tätä työtä ei näin ollen ole syytä verrata teoriaosuudessa esitettyihin tutkimuksiin tulosten osalta.

Rakentamisesta aiheutuneiden päästöjen arvioiminen sisältää paljon epävarmuustekijöitä. Rakennusmateriaalien sitomat päästöt eivät esimerkiksi näy Suomen kokonaispäästömissä, jos ne on valmistettu ulkomailla. Kuten teoriaosuuden tutkimuksissa selvisi, vaikuttaa kaupunkien hiilijalanjälkiin muun muassa asukastiheys sekä asukkaiden varallisuus. Parametreista tiedetään usein, että kasvaako vai pieneneekö hiilijalanjälki niiden arvon muuttuessa johonkin suuntaan. Vaikeaksi mallintamisen tekee usean parametrin yhteisvaikutuksen arvioiminen. Esimerkiksi maaseudulla asuvan henkilön hiilijalanjälkeä kasvattaa suuret etäisyydet palveluihin, toisaalta maaseudulla keskimääräinen tulotaso on pienempi, mistä seuraa pienempi hiilijalanjälki.

Elinkaaripäästöjä selvittävissä tutkimuksissa käytetään usein eri mittayksiköitä päästöjen määrittämiseen, mikä hankaloittaa niiden vertailua keskenään. Lisäksi rakennusten pitkä käyttöikä sekä tutkimuksissa tehty valinnat päästöerien sisällyttämisessä eivät yleensä ole samoja. Eroja voi löytyä esimerkiksi hukkamateriaalien ja rakennusjätteiden päästöjen osalta.

5.3 Jatkotutkimuksen tarve

Suomen kansallinen ilmastostrategia keskittyy sekä uuden että vanhan rakennuskannan osalta energiatehokkuuden parantamiseen. Tällä linjalla ei kuitenkaan päästä pitkän aikavälin tavoitteisiin hiilidioksidipäästöjen alentamiseksi, sillä nykyaikaisten rakennusmateriaalien valmistuksesta sekä kuljetuksesta työmaille aiheutuu suuria päästöjä. Tämä hiilipiikki voi vastata jopa 50 vuoden käytön aikaisia päästöjä A-energialuokan rakennuksessa. Vuoden 2020 tavoitteena oleva 20 prosentin vähennys kasvihuonekaasupäästöistä on mahdollinen nykyiselläkin linjalla. EU:n pitkän aikavälin tavoite eli 80 - 95 prosentin vähennys sen sijaan on mahdollinen vain siirtämällä huomio rakennusten käytön aikaisista päästöistä rakennusvaiheen päästöihin.

Ympäristöministeriöllä on parhaillaan käynnissä hanke, jolla rakentamisen sääntely ulotettaisiin koskemaan myös rakennusmateriaaleja. Bionovan (2017) tekemässä selvityksessä käydään läpi hankkeen toteuttamisen edellytyksiä ja sen vaatimia toimia. Kannustimia ja velvollisuuksia olisi alustavan aikataulun mukaan luvassa vuodesta 2020 alkaen.

Jos edellä mainitun hankkeen toimet otetaan käyttöön, olisi tämä työ uudisrakentamisen määrästä ja laadusta mielenkiintoista toteuttaa uudestaan muutamaa vuotta myöhemmin.

Lähdeluettelo

Baur, A. H., Thess, M., Kleinschmit, B., Creutzig, F. 2014. Urban Climate Change Mitigation in Europe – Looking at and Beyond the Role of Population Density. *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 140, No. 1.

Bionova. 2017. Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download/name/%7B4B3172BC-4F20-43AB-AA62-A09DA890AE6D%7D/129197>. Haettu 15.11.2017.

Brown, M. A., Southworth, F., Sarzynski, A. 2009. The geography of metropolitan carbon footprints. *Policy and society*, Vol. 27, s. 285-304.

Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., Castell, A. 2014. Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, Vol. 29, s. 394-416.

ERA 17. 2010. Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. Ympäristöministeriö, Sitra ja Tekes. Saatavilla: http://era17.fi/wp-content/uploads/2010/10/ERA17_loppuraportti.pdf. Haettu 15.11.2017.

Euroopan komissio. 2011. Etenemissuunnitelma – siirtyminen vähähiiliseen talouteen vuonna 2050. Komission tiedonanto.

Eurostat. 2017. Annual detailed enterprise statistics for construction (NACE Rev. 2, F). Saatavilla: http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/sbs_na_con_r2. Haettu 15.11.2017.

Guggemos, A. A., Horvath, A. 2005. Comparison of Environmental Effects of Steel- and Concrete-framed Buildings. *Journal of Infrastructure Systems*, Vol 11, s. 93-101.

Haapio, A., Viitaniemi, P. 2008. A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment review*, Vol. 28, s. 469-482.

Heinonen J., Säynäjoki A-J., Kuronen M., Junnila S. 2012. Are the Greenhouse Gas Implications of New Residential Developments Understood Wrongly? *Energies*, Vol. 5, s. 2874-2893.

Hendrickson, C. T., Lave, L. B., Matthews, H. S. 2006. Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Services: An Input-Output Approach. *Resources for the Future*.

Horvath, A. 2004. Construction Materials and the Environment. *Annual Review of Environment & Resources*, Vol. 29, s. 181-204.

IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Saatavilla: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. Haettu 15.11.2017.

Lahti, P., Moilanen, P. 2010. Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt. *Suomen ympäristö*, Vol 12.

- McGraw-Hill Construction. 2007. Greening of Corporate America SmartMarket Report. Saatavilla: https://w3.usa.siemens.com/buildingtechnologies/us/en/sustainability/GreenOnlineTools/greening_of_corporate_america/Documents/2006-Siemens-MHC-GreeningofCorporateAmerica.pdf. Haettu 15.11.2017.
- Miller, N., Spivey J., Florance, A. 2008. Does Green Pay Off?. Journal of Real Estate Portfolio Management. Vol. 14, No. 4, s. 385-400.
- Pasanen, P., Kortenieniemi, J., Sipari, A. 2011. Passiivitasen asuinkerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki. Sitran selvityksiä 63.
- Riihimäki, M., Siekkinen, H. 2002. Asiakastarpeet kiinteistöliiketoiminnassa. VTT Tiedotteita 2125. Saatavilla <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2125.pdf>. Haettu 15.11.2017.
- Ruuska, A., Häkkinen, T., Vares, S., Korhonen, M-R., Myllymaa, T. 2013. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja, Vol. 8.
- SFS-EN 15978. 2011. Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method. Suomen Standardisoimisliitto.
- Säynäjoki, A., Heinonen, J., Junnila, S. 2012. A scenario analysis of the life cycle greenhouse gas emissions of a new residential area. Environmental Research Letters, Vol. 7 (2012), No. 3.
- Tilastokeskus. 2016. Tilastollinen kuntaryhmitys 2016. Saatavilla: https://www.stat.fi/meta/luokitukset/kunta/001-2016/kunta_kr.html. Haettu 15.11.2017.
- Tilastokeskus. 2017. StatFin-tilastotietokanta. Saatavilla: <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/>. Haettu 15.11.2017.
- Tuomaala, P. 2008. Rakennuskannan ja rakennusten energiankäyttö. Julkisivuyhdistyksen energiaseminaari 2008.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030.
- Vehviläinen, I., Pesola, A., Heljo, J., Vihola, J., Jääskeläinen, S., Kalenoja, H., Lahti, P., Mäkelä, K., Ristimäki, M. 2010. Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt. Sitran selvityksiä 39. Saatavilla: http://era17.fi/wp-content/uploads/2010/10/sitran_selvityksia_39.pdf. Haettu 15.11.2017.
- VTT. 2011. ILMARI käyttöohje. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/files/sites/ilmari/kayttoohje.pdf>. Haettu 15.11.2017.
- VTT. 2017. Suomen tieliikenteen päästöjen kehitys. LIISA 2016 Laskentajärjestelmä. Saatavilla: <http://lipasto.vtt.fi/liisa/aikasarja.htm>. Haettu 15.11.2017.